



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'Enseignement Supérieure et de la Recherche
Scientifique

Université Amar Thelidji – Laghouat

Faculté de Technologies

Département de Génie Des Procédés

Mémoire De Master

Présenté par : Chibout Sabil Rachad
Boussadia Khadidja

Domaine : Sciences et Techniques

Filière : Génie Des Procédés

Option : Génie Pharmaceutique

Thème :

**Effet d'huile essentielle de rhizomes de curcuma longa
L. sur la stabilité de l'huile de soja thermo oxydée**

Jury de soutenance :

<u>Nom et Prénom</u>	<u>Grade</u>	<u>Qualité</u>
Boutassouna Nassima	MAA	Président
Boukhalkhal Sarah	MCA	Examinatrice
Mahdjoubi Hadj Aissa	MCB	Rapporteur

Année Académique : 2022-2023



Dédicace

Merci et louange à Dieu,

Pour qui je suis ce que je suis aujourd'hui

Je dédie ce travail

à mon très cher père : Pour son amour, sa générosité et sa

Compréhension, Et pour soutenu tout au long de mon parcours

A ma très chère mère décédé : Peu importe ce que je fais ou dis,

Je ne pourrai jamais la remercier correctement,

A mes chères sœurs

Pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral

A mes chers frères,

Pour leur appui et leur encouragement

A tous mes amis,

Pour leur conseil et les souvenirs des bons moments passés ensemble

A mes grands-mères, mes oncles et mes tantes et a toute ma famille.

Sans oublier mon binôme pour son soutien moral,

Sa patience et sa compréhension tout au long de ce travail

Enfin

Une mention spéciale à ceux qui ont lu tout ou partie de ce travail



KHADIDJA



Dédicace

Louange à Dieu tout puissant, qui m'a permis de voir

Ce jour tant attendu

Je tiens à dédier ce modeste travail :

Mon cher père : pour son soutien, son affection et la confiance

MOHAMMED EL FATEH

Ma chère mère : pour son amour, ses encouragements et

Ses Sacrifices MOKHEBI

A ma tante et ma deuxième mère GHANIA qui me donne la vie le symbole

De Tendresse quoi que je fasse,

Je ne pourrais te rendre ce que tu as fait pour moi

A mon frère mon soutien dans ma vie

SAMIH

A mes chères sœurs

WISSAL, YOUMNA, ROAA, RAHIKH

Et à mon cher ami qui a partagé cet humble travail avec moi

KHADIDJA



SABIL

Remerciements

Le grand merci c'est à Dieu le très haut qui nous a aidé de réaliser ce Travail.

*Nous remercierons particulièrement Monsieur
Mahdjoubi Hadj Aissa pour avoir accepté de nous encadrer et pour
Nous 'avoir*

Guidé tout au long de ce travail

Avec beaucoup de patience, ainsi que pour ses conseils judicieux et ses encouragements

Nous voudrions exprimer nos vives gratitudes et nos sincères remerciements à:

*Les membres du jury qui ont pris la peine d'examiner ce modeste
Travail.*

*Merci à tous les employés de laboratoires de génie des procédés qui nous ont accueillis
avec beaucoup de gentillesse et une bonne humeur.*

*Enfin nous voudrions exprimer notre gratitude à tout les profs De département génie des
procédés en particulier le chef département*

Mr Ben Alia

Liste des abréviations

AG	Acide Gras
AGPI	Acides Gras Poly Insaturé
AGS	Acides Gras Saturé
BHT	2,6-di-tert-butyl-4-méthylphénol
HE	Huile essentielle
IP	Indice de Peroxyde
IpA	Indice de para Anisidine
MG	Matière Grasse
TOTOX	Total Oxydation
AGMI	Acide Gras Mono Insaturé

Liste des tableaux

Tableau 1 : Différentes nominations de Curcuma longa	5
Tableau 2 : La classification botanique du Curcuma longa	6
Tableau 3 : Les produits utilisés	22
Tableau 4 :Caractéristiques physiques d'huile essentielle étudiée	31
Tableau 5 : Evolution d'oxydation des huiles en variant la teneur en huile essentielle	35

Figure 01 : Rhizome et poudre de curcuma	4
Figure 02 : La répartition géographique du Curcuma	6
Figure 03 : Schémas et photographie de la plante <i>Curcuma longa</i> L.	7
Figure 03 : structure d'acide gras saturé AGS et mono insaturé AGMI	12
Figure 04 : structure d'acide gras poly insaturé	13
Figure 05 : Nomenclature des principales familles d'acide gras	13
Figure 06 : Représentation schématique de l'évolution de l'oxydation des lipides au cours du temps	15
Figure 07 : poudre de curcuma	17
Figure 08 : Montage d'extraction par hydrodistillation d'huile essentielle de curcuma	18
Figure 09 : Le réfractomètre	20
Figure 10 : Le polarimètre	21
Figure 11 : Structure chimique de Butyl-Hydroxy-Toluène BHT	22
Figure 12 : Montage expérimental de thermo-oxydation des huiles	23
Figure 13 : L'appareil de spectroscopie UV-visible	29
Figure 14 : Evolution d'indice de peroxyde en variant la teneur en huile essentielle	33
Figure 15 : Evolution d'indice de para-anisidine en variant la teneur en huile essentielle	34
Figure 16 : Evolution d'oxydation globale en variant la teneur en huile essentielle	35

Introduction générale	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique	
I.1 Présentation de la plante étudiée (<i>La Curcuma longa L.</i>)	4
I.1.1. Historique	4
I.1.2. Étymologie et nomes vernaculaire	5
I.1.3. Classification botanique	5
I.1.4. Habitat et représentation géographique	6
I.1.5. Description botanique	7
I.1.6. Compositions chimiques	9
I.2. Huile essentielle de curcuma	10
I.2.1. Composition chimique	10
I.2.2. Caractéristiques organoleptiques et physiques	10
I.2.3. Propriétés phytothérapeutiques	11
I.2.4. Précautions d'emploi et contre-indications de l'huile essentielle de curcuma	12
I.3. Les acides gras	12
I.4. Oxydation des lipides	13
I.4.1. Mécanismes généraux de l'oxydation des lipides	14
I.4.1.1. Les initiateurs de l'oxydation des lipides	14
I.4.1.2. Aspect cinétique de l'oxydation des lipides	14
I.4.1.3. Les antioxydants	15
Chapitre II : Matérielset Méthodes	
II.1. Introduction	17
II.2. Matériel végétale	17
II.3. Extraction et caractérisation d'huile essentielle de rhizomes de curcuma longa	17

II.3.1. Détermination de rendement	18
II.3.2. Constantes physiques	19
II.3.2. 1. Mesure de la densité relative	19
II.3.2. 2. Mesure de l'indice de réfraction	19
II.3.2. 3. Mesure du pouvoir rotatoire	20
II.4. Stabilisation d'huile de soja par l'extrait de rhizomes de curcuma longa	21
II.4.1. Choix de l'huile et d'antioxydant	21
II.4.2. Les matérielles et verreries utilisées	22
II.4.3. Montage expérimental	22
II.4.4. Caractérisation des huiles	23
II.4.4.1. Indice de peroxyde	24
II.4.4.2. Indice de P-anisidine	27
Chapitre III : Résultats et discussion	
III.1. Introduction	31
III.2. Extraction et Caractérisation d'huile essentielle	31
III.2.1. Détermination de rendement	31
III.2.2. Constantes physiques	31
III.3. Stabilisation des huiles alimentaire par les extraits de la sauge	32
III.3.1. Caractéristiques chimiques des huiles	32
III.3.2. Indice de peroxyde	32
III.3.3. Indice de P-anisidine	33
III.3.4. Oxydation globale	34
Conclusion générale	37
Références bibliographiques	38

Introduction générale

L'addition d'agents antioxydants aux huiles et aux aliments riches en lipides est une solution technologique possible et pratiquée depuis longtemps. Toutefois, les antioxydants synthétiques comme le BHT ont des effets négatifs sur la santé humaine et sont facilement volatiles à haute température. L'ampleur de ce problème a fait que les antioxydants naturels deviennent de plus en plus recommandés pour remplacer les antioxydants synthétiques.

L'activité des antioxydants dépend des aliments dans lesquels ils sont ajoutés, de la concentration utilisée, de la quantité d'oxygène présent et de la présence de catalyseur d'oxydation (ions métalliques), ainsi que de la présence de molécules synergiques.

L'industrie alimentaire utilise les huiles essentielles pour rehausser le goût, aromatiser et colorer les aliments. D'autre part, les huiles essentielles possèdent des profils de composition chimique différents permettant de les utiliser comme agents naturels de conservation des aliments.

Pour être classées comme antioxydants alimentaires idéals, les huiles essentielles doivent être facilement incorporables, efficaces à faible dose, non toxiques, n'entraînent ni coloration, ni odeur, ni saveur indésirables, résistantes aux processus technologiques et stables dans le produit fini. (Mouhoubi, 2017)

C'est dans cette optique que s'articule la présente étude, dont les principaux objectifs visent à tester la possibilité d'utilisation d'huile essentielle de rhizomes du curcuma longa comme agent réduisant la peroxydation de l'huile de soja. Pour ce fait nous avons scindé notre mémoire en trois chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à une étude bibliographique sur la plante étudiée (rhizomes de curcuma longa L.), les lipides et oxydation des lipides.
- Le deuxième chapitre représente la méthodologie expérimentale : extraction et caractérisation d'huile essentielle de rhizomes de curcuma longa et étude de stabilisation d'huile de soja par l'extrait de rhizomes de curcuma longa.
- Le troisième chapitre présente les différents résultats expérimentaux obtenus ainsi que leur discussion.

Introduction générale

Enfin, notre mémoire se termine par une conclusion générale relatant les principaux résultats de cette étude.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

I.1. Présentation de la plante étudiée (La *Curcuma longa* L.)

La *Curcuma longa* L. est une plante qui appartient à la même famille que le gingembre, les *Zingibéracées*. Il est distribué dans les régions tropicales et subtropicales du monde et il est largement cultivé dans les pays asiatiques, à savoir : Malaisie, Indonésie, Inde et Taiwan. La plante est également cultivée en certains pays africains, précisément en République Démocratique du Congo. Cette plante est cultivée pour ses rhizomes. Les rhizomes séchés et réduits en poudre, peuvent être utilisés comme une épice alimentaire pour rehausser la saveur des aliments. Ils sont utilisés depuis au moins 4000 ans dans la tradition du système médical populaire. Cette plante a également une longue histoire dans la médecine chinoise. (Mebarkia, 2022)



Figure 01 : Rhizome et poudre de curcuma

I.1.1. Historique

Le Curcuma est une épice qui fait l'objet d'échanger commerciaux depuis longtemps ce qui fait la détermination avec certitude de son origine difficile. Le curcuma (*curcuma longa*) est probablement originaire de l'Asie du sud tropicales, mais est maintenant largement cultivés dans les régions tropicales et subtropicales principalement l'Inde, chine, Malaisie, Taiwan et Indonésie. Cette plante est décrite à près de 4000 ans, à culture védique en inde, est

été utilisée pendant des siècles dans l'ayurvédique, l'unanine et la siddha médecine. Le Curcuma a été introduit pour le premier fois en Europe au 13^{ème} siècle par des commerçants arabes. Il est connu aussi à la chine avant le 7^{ème} siècle, en Afrique de l'Est depuis le 8^{ème} siècle et l'Afrique de l'Ouest depuis le 13^{ème} siècle.(Ahlam,2022)

I.1.2. Étymologie et nomes vernaculaire

Le terme curcuma est d'origine irano-indienne. Il dérive du sanscrit kartouma qui a donné kurkum en persan ancien et kourkoum en arabe. Dans les langues européennes on l'appelle curcuma et le c se transforme parfois en k dans les langues germaniques à l'exception de l'anglais qui le désigne sous le nom de tumeric. C'est d'ailleurs la langue anglaise qui a conservé l'origine de son appellation en latin médiéval, terra merita (terre mérite) par le mot "tumeric". Notons que sa couleur jaune intense le fait parfois nommer, bien à tort, safran cooli et safran des Indes(OHIN et al, 2020).Le tableau suivant présente les différentes nominations de *Curcuma longa L.*

Tableau 1 : Différentes nominations de *Curcuma longa*(Boufeker, 2018)

&(Mebarkia,2022)

Langue	Nom
Arabe	الْوَرْس ، أصابع صفر ، الخرقوم ، الكركم.
Anglais	Turmeric ,Indiansaffron
Français	Curcuma longa, safran des Indes,souchet de Babylone,terre-mérite
Nom berbère	Zarounbad

I.1.3. Classification botanique

D'après la classification phylogénétique, il existe de nombreuses espèces de Curcuma dont les propriétés sont exploitées en santé. Parmi ces espèces peuvent être citées le Curcuma aeruginosa, Curcuma amada, Curcuma aromatica, Curcuma brog, Curcuma malabarica ou encore Curcuma sylvaticas(Khedis, et Aid, 2020).La classification botanique du Curcuma longa est comme suit

Tableau 2 : La classification botanique du *Curcuma longa*

Règne	Plante
Sous règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida
Sous classe	Zingiberidae
Ordre	Zingiberales
Famille	Zingiberaceae
Sous Famille	Zingiberoideae
Genre	Curcuma
Espèce	Curcuma longaL.

I.1.4. Habitat et représentation géographique

La répartition géographique du *Curcuma Zanthorrhiza* est illustrée dans cette figure.



Figure 02 : La répartition géographique du *Curcuma* (Pratondo et al,2022)

I.1.5. Description botanique

Curcuma longa L. appartient au règne végétal, angiosperme, monocotylédone, division Magnoliophyta, classe des Liliopsidae, ordre des Zingiberales, famille des Zingibéracée, genre *Curcuma*. La partie utilisée est le rhizome qui doit être récolté 7 à 8 mois après la plantation, quand il commence à sécher.



Figure 03 : Schémas et photographie de la plante *Curcuma longa* L.

a- Les parties aériennes

C'est une plante herbacée de 0,6 mètre à 1 mètre de hauteur, vivace par des rhizomes, tuberculeux cylindriques présentant de nombreuses racines adventives.

❖ Les feuilles

Le *curcuma longa* possède de grandes feuilles pointues engainantes à limbe elliptique de couleur verte pouvant mesurer jusqu'à 45 centimètres de long et 18 centimètres de large. Elles sont munies d'une nervure médiane d'où partent de nombreuses nervures secondaires parallèles entre elles (penninerves). Les feuilles sont alternes et sortent directement du rhizome.

❖ Les fleurs

A l'intérieur de ces longues feuilles engainantes, s'élève une tige surmontée d'un plumet de fleurs. Cette inflorescence regroupée en épis mesure en moyenne 15 centimètres de

long et 5 centimètres de large. Elle porte des fleurs jaune pâle entourées de larges bractées fertiles vertes lancéolées longues de 4 à 5 centimètres.

- Le calice est tubuleux à trois dents.
- La corolle est représentée par un tube deux à trois fois plus long, tripartite, jaune pale à pétale postérieur très développé.
- L'androcée est formé de deux verticilles :
 - Le premier comprend des staminodes pétaloïdes soudée entre eux,
 - Le deuxième comprend trois étamines dont deux stériles. Il ne persiste donc qu'une seule étamine fertile, pétaloïde, trilobée.
- L'anthère est biloculaire.
- L'ovaire est infère et triloculaire.

❖ **Les fruits**

Les fruits sont représentés par des capsules à déhiscence loculicide contenant de nombreuses petites graines arillées et albuminées.

b- Les parties souterraines : le rhizome

Ces rhizomes, de couleur jaune vif à l'intérieur attribuée à la présence de curcumine, fournissent la drogue à l'origine des propriétés thérapeutiques.

Les tubercules sont beaucoup moins épais, en fragments plus ou moins cylindriques ou fusiformes amincis aux deux bouts. Mais ils peuvent parfois être incurvés, atténués ou arrondis aux deux extrémités.

Leur taille, sensiblement égale à celle du petit doigt est comprise entre 3 et 7 centimètres de diamètre.

Peuvent subsister quelques ramifications courtes ou plus fréquemment de larges cicatrices ou des saillies représentant les bourgeons.

❖ La surface

Les rhizomes sont recouverts d'une écorce gris-jaunâtre ou légèrement verdâtre souvent poussiéreuse, finement chagrinée, marquée d'impressions circulaires transversales ou de sillons striés parfois obliques, irréguliers pour le curcuma rond et réguliers pour le curcuma long.

❖ La cassure

La cassure est nette, non fibreuse, résinoïde, un peu granuleuse, plus ou moins brillante, fortement colorée du jaune chrome au jaune brun foncé. Elle est également marquée de ponctuations très apparentes dans l'écorce et dans le bois. (Grugeau, 1995)

I.1.6. Compositions chimiques

Le rhizome de cette espèce, riche en amidon, est composé de sucres simples et d'une huile essentielle à sesquiterpènes monocycliques. Ces derniers regroupent des carbures (comme la zingibérène) et des cétones (comme les turmérone et le curlone).

Cette composition fut déterminée progressivement aux grés de bon nombre d'études, une première dans les années 1980, permit d'identifier un sesquiterpène oxygéné le curlone.

Une dizaine d'année plus tard, furent découverts deux ketoalcool sesquiterpènes, les turmérone A et B et cinq nouveaux sesquiterpènes propres au *Curcumalonga*.L.

Ces études prouvent et démontrent les fortes concentrations de sesquiterpènes présentent chez l'espèce *Curcuma longa*, cependant, une limite survient en effet, les étude s'accordent et se rejoignent sur les composés chimiques identifiés de la fraction volatile mais diffèrent en terme de taux de présence.

Deux composants actifs du curcuma sont l'huile volatile et les curcuminoïdes et les deux sont présents dans l'oléorésine extraite de la racine du curcuma. Les huiles essentielles sont principalement constituées de sesquiterpènes, dont beaucoup sont spécifiques au genre *Curcuma*. L'arôme de cette épice est principalement dérivé des turmomères α et β et de la turmerone aromatique (Ar-turmerone). Les groupes aromatiques fournissent une hydrophobie et le leur donne une flexibilité. Les structures tautomériques influencent également l'hydrophobicité et la polarité. (Boufeker, 2018)

I.2. Huile essentielle de curcuma

Les huiles essentielles (HE) sont des produits obtenus sous forme liquide à partir des matières végétales naturelles par distillation à la vapeur ou par d'autres méthodes d'extraction et que l'on sépare de la phase aqueuse par des procédés physiques. On distingue les huiles essentielles des huiles végétales par leur caractère volatil et odorant et aussi par sa composition chimique complexe, leur caractère physique et organoleptique spécifique. (Ratsaraefatrarivo, 2015)

L'huile essentielle de curcuma est une huile hyper puissante et absolument merveilleuse pour Plein des problèmes de santé, inhibe le développement de plusieurs microorganismes et C'est aussi bactéricides. L'huile essentielle de curcuma est une huile volatile de couleur jaune, Il est généralement obtenue par extraction à partir des rhizomes de curcuma longa L. qui sont composés de 3 à 6% d'huile essentielle qui possède de nombreuses qualités .il a des plusieurs bienfaits et différents propriétés et utilisations pour la santé, beauté, bien-être, cuisine...

I.2.1. Composition chimique

La composition biochimique est susceptible d'évoluer en fonction des conditions de production et de la qualité de l'huile. Néanmoins, on peut se fier à cette composition pour évaluer la qualité d'une huile :

- Composés chimiques principaux : Cétones C15 (50 à 75%) (Ar-turmérone, beta-turmérone, germacrone, zingiberone), Sesquiterpènes (20 à 30%) (Zinzibérène, Curcumène)
- Autres composés chimiques : Monoterpènes (2 à 30%) (Alpha-phéllandène, terpinolène), Oxyde (1 à 15%), Monoterpénols (traces de Linalol)(Le Guehenec, et Monnatte-Lassus, 2014)

I.2.2. Caractéristiques organoleptiques et physiques

L'huile est jaune pâle à jaune foncé et dégage un parfum frais, épicé et puissamment boisé. Une bonne huile essentielle de Curcuma doit avoir les caractéristiques physiques suivantes :

- Densité à 20°C : 0,925 à 0,945
- Indice de réfraction à 20°C : 1,505 à 1,515
- Pouvoir rotatoire à 20°C : -30° à +5°
- Point éclair : $\geq 60^{\circ}\text{C}$ (Le Guehenec, et Monnatte-Lassus, 2014)

I.2.3. Propriétés phytothérapeutiques

L'huile essentielle de curcuma est reconnue pour ces propriétés :

- Facilite la digestion et stimule la sécrétion de bile.
- Participe à réduire la formation des gaz intestinaux
- Anti-parasitaire et antifongique
- Vermifuge, elle est active contre les vers intestinaux (ascaris, oxyures...).
- Antibactérienne, des études montrent notamment une action sur le Staphylocoque doré et sur *Listeria monocytogenes*.

L'huile de curcuma contient de la curcumine, qui est un anti-inflammatoire important qui provoque l'éclat et l'inflammation de la peau.

- Protège contre la peau et les infections cutanées.
- Protège des coups de soleil.
- Protège contre les infections des gencives et des dents.
- Appliquez de l'huile de curcuma sur les articulations pour soulager la douleur.
- Renforce et aide à prévenir l'ostéoporose.
- Il contient des antioxydants, qui aident à éviter la formation de radicaux libres qui causent le cancer.
- Protège contre le cancer en stimulant l'immunité.
- Réduit les gaz dans l'estomac.
- Protège le système digestif des irritations et des troubles.
- L'huile de curcuma est utilisée pour le soin des cheveux, elle traite les pointes fourchues et augmente la propreté et la santé du cuir chevelu.
- Aide à prolonger les cheveux .

I.2.4. Précautions d'emploi et contre-indications de l'huile essentielle de curcuma

L'huile essentielle de curcuma ne doit pas être utilisée pendant la grossesse, l'allaitement, par les enfants de moins de 10 ans, par les épileptiques.

1.3. Les acides gras

Les acides gras, molécules peu abondantes sous forme libre dans les matières grasses fraîches, sont des acides carboxyliques à chaîne aliphatique hydrophobe, saturés ou non saturés selon qu'ils ne contiennent pas ou contiennent des doubles liaisons. Ils sont notés $n: m$, où n représente le nombre d'atomes de carbone et m est le nombre de doubles liaisons. Les acides gras diffèrent donc entre eux non seulement par la longueur de la chaîne carbonée, mais aussi par le nombre, la position et la structure spatiale (*cis*, *trans*) des doubles liaisons. La longueur de la chaîne carbonée permet une classification des acides gras en 4 catégories: les acides gras volatils, avec 2, 3 ou 4 atomes de carbone, les acides gras à chaîne courte qui possèdent entre 6 et 10 atomes de carbone, les acides gras à chaîne moyenne, avec 12 à 14 atomes de carbone et les acides gras à chaîne longue, avec 16 ou plus de 16 atomes de carbone. (Cuvelier et al, 2004)

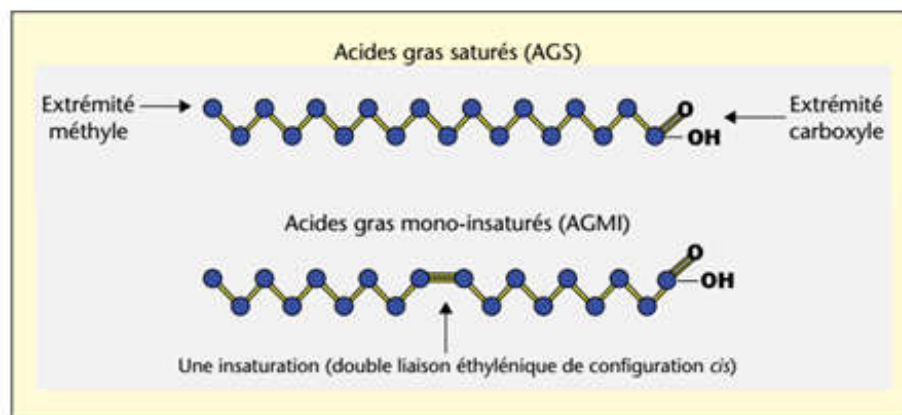


Figure 03 : structure d'acide gras saturé AGS et mono insaturé AGMI (Philippe et al, 2005)

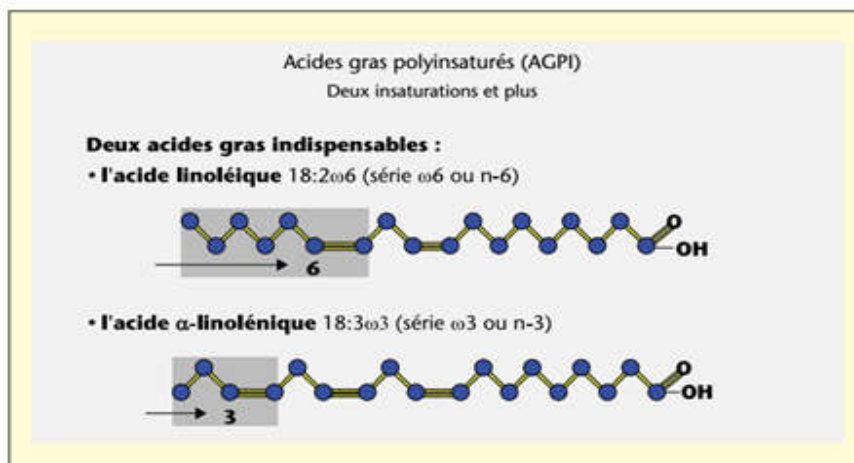


Figure 04 : structure d'acide gras poly insaturé AGPI (Philippe et al, 2005)

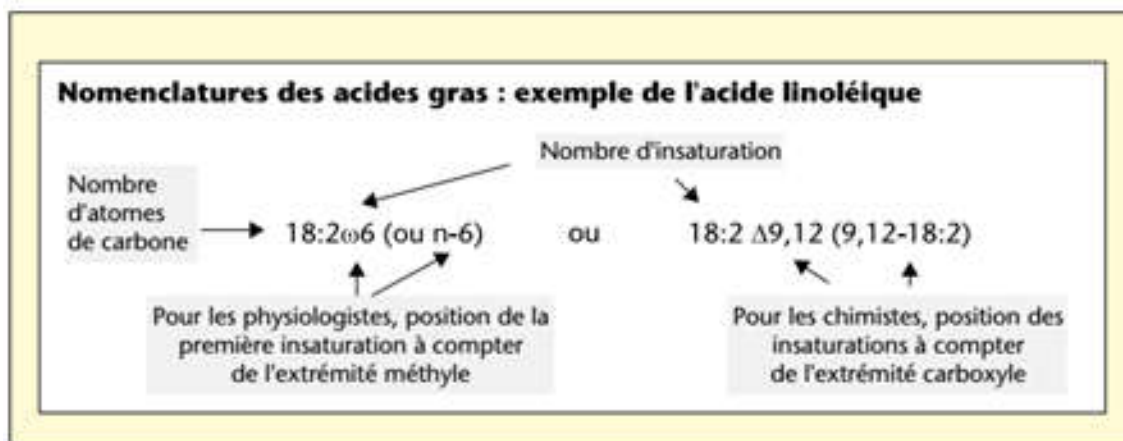


Figure 05 : Nomenclature des principales familles d'acide gras (Philippe et al, 2005)

I.4. Oxydation des lipides

La stabilité du muscle vis à vis de l'oxydation dépend de la localisation, de la composition, de la concentration et de la réactivité de trois facteurs : les substrats et les catalyseurs de l'oxydation et les antioxydants. Au niveau des tissus vivants, il existe des mécanismes naturels de contrôle de l'oxydation afin de prévenir la destruction oxydative des lipides membranaires, des protéines et des acides nucléiques. Ainsi, il existe une régulation des systèmes pro-oxydants et anti-oxydants qui permet de maintenir la balance entre les facteurs impliqués dans les réactions d'oxydation. La régulation des facteurs pro et antioxydants est perturbée à la mort de l'animal et durant le stockage et la transformation des muscles. Ce dérèglement induit des changements des propriétés biochimiques du muscle. Ces modifications sont caractérisées notamment par une augmentation de la teneur en fer libre, une activation des protéines héminiques, la dégradation des membranes. Ces différents

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

I.4.1. Mécanismes généraux de l'oxydation des lipides

L'oxydation des lipides, ou rancissement oxydatif des acides gras, est classiquement décomposée en trois étapes principales, initiation, propagation et terminaison, généralement décrites comme étant successives. L'oxydation lipidique peut être, selon le milieu et les initiateurs mis en jeu, le résultat de plusieurs voies réactionnelles :

- L'auto-oxydation, initiée par la température, les ions métalliques, ou les radicaux libres correspondants à des lipides déjà oxydés.
- La photo-oxydation, initiée par la lumière UV en présence de photosensibilisateurs.
- L'oxydation enzymatique, catalysée par la lipoxygénase et la cyclooxygénase. (Mahdjoubi, 2023)

I.4.1.1. Les initiateurs de l'oxydation des lipides

La phase d'initiation de l'oxydation des lipides peut être déclenchée par plusieurs facteurs : les formes activées de l'oxygène, les enzymes, les métaux ou la chaleur.

I.4.1.2. Aspect cinétique de l'oxydation des lipides

L'évolution cinétique de l'oxydation des lipides avec l'apparition/disparition des différents produits peut être décrite suivant trois grandes étapes : (Figure 06) :

- La phase de latence ou d'initiation (A) pendant laquelle il y a une disparition progressive des antioxydants, la formation de radicaux libres en quantités faibles par réaction des acides gras insaturés et de l'oxygène. La durée de la phase d'initiation dépend de nombreux facteurs comme la quantité d'antioxydants initialement présents dans la matrice, la présence de traces d'espèces pro-oxydantes ou de catalyseurs d'oxydation, l'état physique de la phase lipidique, etc.

- La formation de produits primaires d'oxydation tels que les hydroperoxydes (B).
- La formation de produits secondaires par suite de la décomposition des hydroperoxydes (C), parmi lesquels les composés volatils d'oxydation, qui sont responsables de la dégradation de l'odeur des aliments oxydés ou des acides qui participent au développement du goût de rance. (Dridi, 2016)

Le temps d'oxydation présenté dans la Figure 06 dépend de nombreux paramètres tels que la nature de l'huile, la disponibilité d'oxygène, la température, etc.

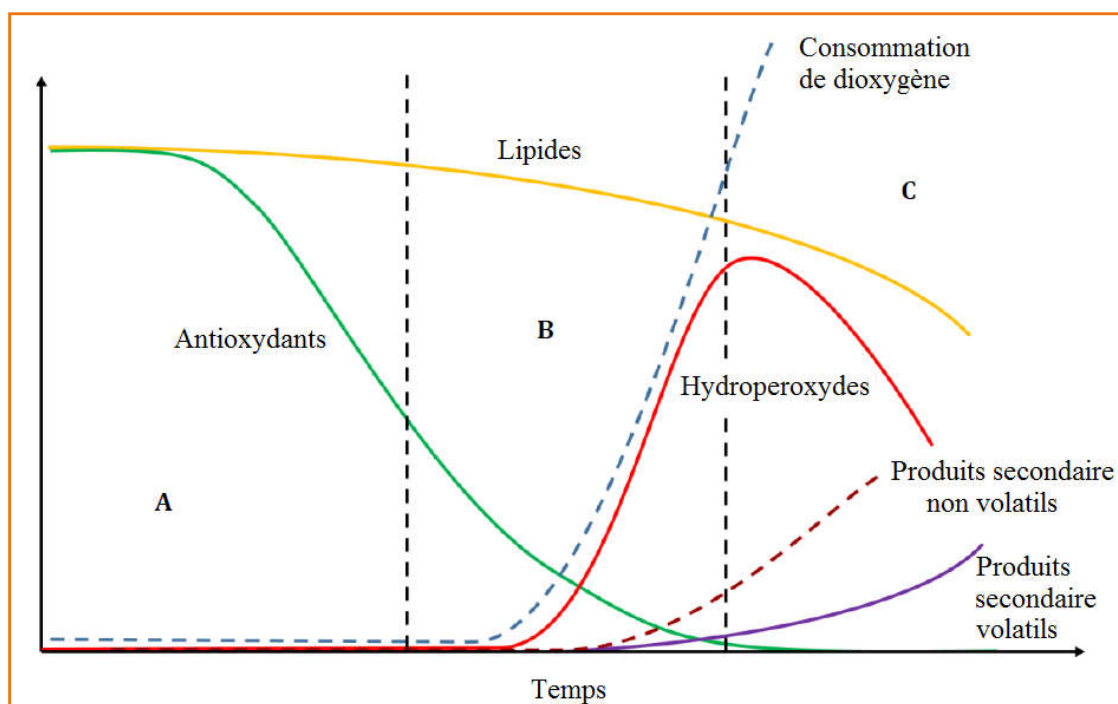


Figure 06 : Représentation schématique de l'évolution de l'oxydation des lipides au cours du temps (Mahdjoubi, 2023)

I.4.1.3. Les antioxydants

Les antioxydants sont des substances qui sont capables de supprimer, retarder ou empêcher les processus d'oxydation. Les antioxydants de synthèse sont de moins en moins utilisés dans les denrées alimentaires, les antioxydants naturels leur étant préférés. De nombreuses études portent sur la recherche de molécules naturelles ayant des propriétés antioxydantes. Ainsi les sources d'antioxydants naturels sont nombreuses et variées : extrait d'herbe, poudre de miel, extraits de fruits, de légumes, de thé...(Eymard et al,2003)

Chapitre II

Matérielset Méthodes

II.1. Introduction

Ce travail a été effectué dans les laboratoires du département de Génie des procédés à l'université Ammar TelidjiLaghouat dont le but l'extraction d'huile essentielle de rhizomes de curcuma et l'étude d'effet stabilisant anti oxydant de cette extrait sur les huile alimentaires thermo oxydées.

II.2. Matériel végétale

La curcuma langaà été choisie essentiellement sur la base de son intérêt et son fréquence d'emploi grâce à l'enquête ethnobotanique effectuée au cours de cette étude auprès des radiothérapeutes, des herboristes et des personnes utilisant ou vendant les plantes médicinales. La plante Curcuma qui fait l'objet de notre étude, a été achetée chez le moulin royal à Laghouat sous forme des rhizomes sèches.



Figure 07 : poudre de curcuma

II.3. Extraction et caractérisation d'huile essentielle de rhizomes de curcuma longa

L'expérience d'extraction d'huile essentielle a été réalisée au Laboratoire de génie des procédés de l'Université de Laghouat par la méthode d'hydrodistillation. (Figure 08), où 200 g de matière végétale sont introduits avec 1.5L d'eau dans un ballon de 2L. Après installation et fermeture du montage, la mise en marche de la chauffe ballon est effectuée avec un réglage optimum du chauffage pour permettre une stabilité de l'extraction à une vitesse constante et bien maîtrisée.

La vapeur chargée d'huile essentielle arrive dans le condenseur. La durée totale de l'extraction est estimée à 1h et 30min. L'huile essentielle se distingue de l'hydrolat (eau aromatique) par sa différence de densité et de couleur. On la sépare de celui-ci par décantation. Elle est ensuite séchée par du sulfate de sodium anhydre (Na_2SO_4) puis récupérée et conservée dans des vials de couleur brune, hermétiquement fermés et stockés dans un endroit frais à l'abri de la lumière.



Figure 08 : Montage d'extraction par hydrodistillation d'huile essentielle de curcuma

II.3.1. Détermination de rendement

Le rendement en huile essentielle est estimé par le rapport des masses de l'huile essentielle et de la matière végétale séchée. Il est exprimé en pourcentage (%).

$$R = \frac{MHE}{MVS} \times 100$$

Où :

R : Rendement en huile essentielle (%) ;

MHE : Masse de l'huile essentielle (g) ;

MVS : Masse de la matière végétale sèche (g).

II.3.2. Constantes physiques

La sécurité d'emploi des produits cosmétiques contenant des HE est en grande partie liée à la qualité des matières premières mises en œuvre et à la formulation du produit fini. Pour garantir leur qualité, les HE devront notamment être obtenues à partir de matières premières précisément identifiées, contrôlées selon des procédés définis, présenter des caractères physico-chimiques précis, être conservées de façon satisfaisante.

L'HE est caractérisé en déterminant les propriétés physiques : densité, indice de réfraction et pouvoir rotatoire.

II.3.2. 1. Mesure de la densité relative

La densité relative à 20°C (d_{20}^{20}) est le rapport de la masse d'un certain volume d'HE à la masse d'un volume égal d'eau à 20°C. La densité relative est calculée par la relation suivante :

$$d_{20}^{20} = \frac{m_2}{m_1} \frac{m_0}{m_0}$$

d_{20}^{20} : Densité relative à 20 °C

m_0 : Masse de densimètre vide en g

m_1 : Masse de densimètre rempli d'eau en g

m_2 : Masse de densimètre rempli d'huile essentielle en g.

II.3.2. 2. Mesure de l'indice de réfraction

L'indice de réfraction est le rapport entre le sinus des angles d'incidence et de réfraction d'un rayon lumineux de longueur d'onde déterminée, passant de l'air dans l'HE maintenue à une température constante , Cet indice est mesuré a 20°C et rapporté a la raie D du sodium ($\lambda= 589$ nm). L'appareil utilisé pour cette mesure est un réfractomètre de type : CETI Prisma Refractometer Medline Scientific 8300.0000M.

$$n_D^{20} = n_D^T + 0,0004 (T - 20)$$

n_D^{20} : Indice de réfraction à 20 °C

n_D^T : Indice de réfraction obtenue à la température de laboratoire

T : Température de laboratoire

0,0004 : Coefficient de correction.



Figure 09 : Le réfractomètre

II.3.2. 3. Mesure du pouvoir rotatoire

Le pouvoir rotatoire d'une huile essentielle est un critère important de la pureté et permet d'indiquer si elle possède une activité optique dextrogyre ou lévogyre. L'appareil utilisé pour cette mesure est de type (Polarimètre POLAX-2L Cat.No.5223).(Figure 11)

Le pouvoir rotatoire est donné par la formule suivante :

$$\alpha^{20} = \frac{\alpha}{L C}$$

α^{20} : l'angle lu sur l'appareil en degrés.

L ; l'épaisseur du film (cellule) en dm.

C : la concentration de HE exprimée en g/100ml.



Figure10 : Le polarimètre

II.4. Stabilisation d'huile de soja par l'extrait de rhizomes de curcuma longa

II.4.1. Choix de l'huile et d'antioxydant

Dans le but de tester les propriétés antioxydantes de nos extraits nous pensons qu'il est utile d'appliquer ces extraits dans la stabilisation des huiles alimentaires. Nous avons choisi une huile raffinée « elio », dont la composition est de 100% huile de soja. Cette huile est destinée à la friture et assaisonnement, fortement commercialisée et très consommée en Algérie. Nous avons jugé nécessaire d'étudier cette huile pour mieux voir l'effet de l'ajout des antioxydants sur sa résistance et sa stabilité, car c'est une huile très sensible à l'oxydation vu sa richesse en acides gras insaturés et particulièrement la présence d'acide linoléique (C18 :3) en quantité appréciable.

Nous avons choisi l'hydroxytoluène butylé, BHT ou 2,6-di-tert-butyl-4-méthylphénol C₁₅H₂₄O (E321) comme antioxydant de référence. C'est une poudre cristalline blanche avec une légère odeur spécifique. Il est utilisé comme conservateur et additif alimentaire ainsi que dans les produits cosmétiques et d'hygiène. La dose limite dans les huiles alimentaires est de 75mg/Kg. (NORME CODEX 2015)

La structure chimique est comme suit :

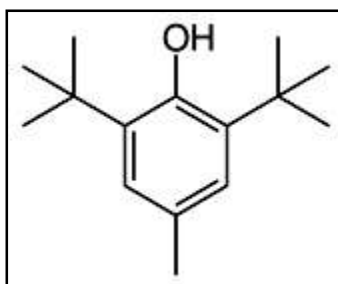


Figure 11 : Structure chimique de Butyl-Hydroxy-Toluène BHT

II.4.2. Les matérielles et verreries utilisées

Nous avons utilisé les matérielles et verreries suivantes :

Plaque chauffante	Barreau magnétique	Thermomètre à sonde	Bécher 100 ml
Entonnoir	Eprouvette graduée 10ml	Micropipettes	Burette 25ml
Cristallisoir	Erlenmeyer 250ml	Fiole jaugée 50ml	Bécher 250ml
Spatule	Ampoule à décanter	Balance	Ballon
Tube à essaie	Réfrigérant	Flacon	Coude
Élévateur	Thermomètre digital	Support + Pince	

Les produits utilisés sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 3 : Les produits utilisés

Produit	Formule brute	Masse molaire (g/mol)
Acide acétique glacial	CH ₃ COOH	60,04
Ethanol	C ₂ H ₆ O	46,07
Thiosulfate de sodium	Na ₂ S ₂ O ₃ · 5H ₂ O	248,18
Isooctane	C ₈ H ₁₈	114,22
Empois d'amidon	(C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	162,14 x n
Iodure de potassium	KI	166,01

II.4.3. Montage expérimental

Au but d'étudier l'effet de nos antioxydants nous avons effectué la comparaison entre les caractéristiques d'huile fraîche, huile thermo-oxydée, huile thermo-oxydée en présence de

BHT, huile thermo-oxydée en présence d'huile essentielle et huile thermo-oxydée en présence d'extrait phénolique.

Une quantité de 100 ml d'huile a été thermo-oxydée dans un cristalliseur de 9cm de diamètre. La teneur des antioxydants incorporés est de 100ppm la température est maintenue à 180°C pendant 1 heure, la photo suivante présente le montage expérimental.

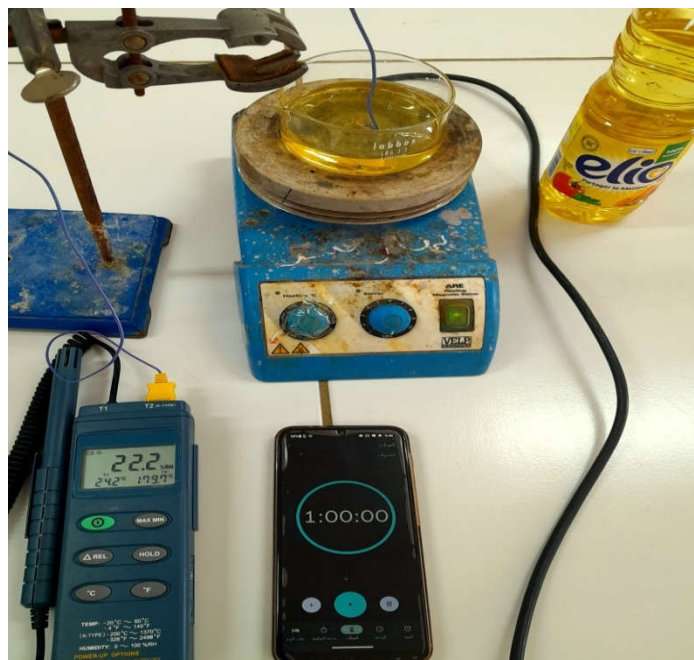


Figure12 : Montage expérimental de thermo-oxydation des huiles

Ensuite et au but d'optimiser la quantité d'antioxydant naturel utilisé nous avons effectué la comparaison entre les indices de peroxyde et les indices de para-anisidine d'huile fraîche, huile thermo-oxydée, huile thermo-oxydée en présence de BHT et huile thermo-oxydée en présence d'huile essentielle en variant la teneur en huile essentielle (12,5ppm, 25ppm, 50ppm, 100ppm et 200ppm).

II.4.4. Caractérisation des huiles

Au but d'optimiser la quantité d'antioxydant naturel utilisé nous avons effectué la comparaison entre les indices de peroxyde et les indices de para-anisidine d'huile fraîche, huile thermo-oxydée, huile thermo-oxydée en présence de BHT et huile thermo-oxydée en présence d'huile essentielle en variant la teneur en huile essentielle (12.5ppm, 25ppm, 50ppm, 100ppm et 200ppm).

II.4.4.1. Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde est une mesure permettant d'estimer la quantité de peroxydes présents dans une matière grasse. Les peroxydes sont des constituants caractéristiques de l'oxydation des acides gras insaturés, ils sont déterminés en se basant sur leur propriété de libérer l'iode de l'iodure de potassium dans les milieux acides. L'iode libéré est mesuré par la réaction avec le thiosulfate, sachant que 1ml de thiosulfate 0,01 N correspond à une quantité de 80 mg d'oxygène fixé sur les acides gras.

Le principe est de dissoudre l'échantillon d'essai dans de l'iso-octane et de l'acide acétique glacial, puis ajouter l'iodure de potassium. Déterminer visuellement l'iode libéré par les peroxydes, à l'aide d'un indicateur à l'amidon et d'une solution étalon de thiosulfate de sodium. Déterminer visuellement la fin du titrage. (JOURNAL OFFICIEL N° 64. 2011)

Réactifs

On utilise uniquement des réactifs de qualité analytique reconnue. Tous les réactifs doivent être exempts d'oxygène dissous.

Eau, déminéralisée, bouillie et refroidie à 20°C.

Acide acétique glacial, fraction massique de 100%, dégazé dans une cuve à ultrasons sous vide ou purgé sous courant de gaz inerte pur et sec (dioxyde de carbone ou azote).

Iso-octane, dégazé dans une cuve à ultrasons sous vide ou purgé sous courant de gaz inerte pur et sec (dioxyde de carbone ou azote).

Mélange d'acide acétique glacial/iso-octane, préparé en mélangeant 60 ml d'acide acétique glacial et 40 ml d'iso-octane (fraction volumique d'acide acétique glacial : densité, $\rho = 60\text{ml}/100\text{ml}$, fraction volumique d'iso-octane: densité, $\rho = 40\text{ml}/100\text{ml}$).

Le mélange est dégazé dans une cuve à ultrasons sous vide ou purgé sous courant de gaz inerte pur et sec (dioxyde de carbone ou azote).

Solution d'iodure de potassium saturée, concentration massique = 175g/100ml, dissoudre environ 3,5g d'iodure de potassium dans environ 2g d'eau récemment portée à ébullition et revenue à température ambiante. Veiller à maintenir la solution à l'état saturé (cristaux non dissous). La conserver à l'abri de la lumière et en préparer une nouvelle chaque jour. Contrôler la solution par l'essai suivant : ajouter deux gouttes de solution d'amidon à 0,5 ml d'iodure de potassium dans 30 ml de solution d'acide acétique glacial/iso-octane, si la formation d'une couleur bleue nécessite plus d'une goutte de solution étalon de thiosulfate de sodium 0,1 mol/l, éliminer la solution d'iodure de potassium.

Solution étalon de thiosulfate de sodium 0,1 N, C ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) = 0,1 mol/l. Pour la préparation de cette solution, utiliser uniquement de l'eau récemment portée à ébullition, si possible purgée avec de l'azote. Cette solution peut être utilisée pendant un mois et conservée dans un flacon en verre ambré.

Solution étalon de thiosulfate de sodium 0,01 N, C ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) = 0,01 mol/l. Il est nécessaire de préparer fraîchement cette solution à partir de la solution étalon à 0,1 mol/l de thiosulfate de sodium préparé précédemment, ou bien d'en déterminer le titre tous les jours. L'expérience montre que la stabilité est limitée et dépend de la valeur du pH et de la teneur en dioxyde de carbone libre. Utiliser uniquement de l'eau récemment portée à ébullition, si possible purgée avec de l'azote.

Solution d'amidon, concentration massique = 1g/100ml. Mélanger 0,25 g d'amidon dans une petite quantité d'eau froide. Ajouter ensuite ce mélange à 25 ml d'eau bouillante tout en remuant, laisser bouillir quelques secondes, puis laisser immédiatement refroidir. Une nouvelle solution doit être préparée chaque jour.

Il est recommandé d'utiliser de l'amidon de pomme de terre pour l'iodométrie, étant donné que cet amidon permet d'obtenir un bleu plus foncé. Des réactifs équivalents peuvent être utilisés.

Mode opératoire

Préparation de la solution étalon de thiosulfate de sodium 0,005 N

A l'aide d'une pipette transvaser 5ml de la solution étalon de thiosulfate de sodium 0,1 N dans une fiole jaugée de 100ml. Compléter au trait de jauge avec de l'eau récemment portée à ébullition. Après homogénéisation, transvaser la solution étalon de thiosulfate de sodium 0,005 N obtenue dans un flacon en verre ambré. Chaque jour, préparer fraîchement la solution étalon de thiosulfate de sodium 0,005 N à partir de la solution de l'étalon de thiosulfate de sodium 0,1 N préparée précédemment, ou bien déterminer le titre. L'expérience montre que la stabilité est limitée et dépend de la valeur du pH et de la teneur en dioxyde de carbone libre. Utiliser uniquement de l'eau récemment portée à ébullition, si possible purgée avec de l'azote.

Une prise d'essai de $5,0 \pm 0,1$ g pour des indices de peroxyde attendus entre 1 et 30

Une prise d'essai de $10,0 \pm 0,1$ g pour des indices de peroxyde attendus entre 0 et 1.

Avant utilisation, rincer l'erlenmeyer avec la solution d'acide acétique glacial/iso-octane pour qu'il ne contienne plus aucune substance oxydante ou réductrice.

Dissoudre la prise d'essai dans 10 ml de la solution d'acide acétique glacial iso-octane en remuant doucement.

Ajouter 100µl de la solution saturée d'iodure de potassium, boucher l'erlenmeyer puis mélanger à l'aide d'un agitateur magnétique en évitant qu'un tourbillon trop important ne se forme, ou bien manuellement sans entrée d'air, pendant exactement 60 s (utiliser un chronomètre précis à ± 1 s) .

Ouvrir la fiole conique, ajouter immédiatement 20 ml d'eau déminéralisée, rincer le bouchon en verre rodé et agiter.

Titre immédiatement l'iode libéré avec la solution étalon de thiosulfate de sodium 0,005 N pour passer de couleur jaune orangée à jaune pâle, ajouter alors 100µl ml de la solution d'amidon, poursuivre le titrage pour passer du violet à l'incolore. Arrêter le titrage dès que la solution est incolore pendant 30 s.

Dans un essai à blanc parallèle, un volume de solution de thiosulfate 0,005 N inférieur ou égal à 0,1 ml doit être utilisé. Si l'essai à blanc nécessite un volume supérieur, remplacer la solution saturée d'iodure de potassium car elle pourrait ne pas convenir.

Méthode de calcul

L'indice de peroxyde est généralement exprimé en milliéquivalents (még) d'oxygène actif par kilogramme d'huile, mais il peut également être exprimé (en unités SI) en millimoles (mmol) d'oxygène actif par kilogramme d'huile. La valeur en mmol d'oxygène actif par kilogramme représente la moitié de la valeur exprimée en még d'oxygène actif par kilogramme. L'indice de peroxyde (még d'oxygène actif par kilogramme) multiplié par la masse équivalente d'oxygène actif (égale à 8) est égal à la quantité d'oxygène en milligrammes par kilogramme d'huile. (JOURNAL OFFICIEL N° 64. 2011).

L'indice de peroxyde exprimé en még O₂/kg est donné par la relation suivante :

$$IP = \frac{(V_2 - V_1) \times N \times 1000}{m}$$

V₁: le volume de thiosulfate de sodium nécessaire pour l'essai à blanc en (ml).

V₂ : le volume de thiosulfate de sodium nécessaire pour la détermination en (ml).

N : la normalité de solution de thiosulfate de sodium utilisée.

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

II.3.3.6. Indice de P-anisidine

L'indice de p-anisidine est défini comme 100 fois l'absorbance mesurée à 350 nm, d'une solution résultant de la réaction de 1 g de lipides dans 100 ml de solvant contenant la p-anisidine. La détermination de l'indice de *para-anisidine* repose sur le principe qu'en milieu acétique la *p-anisidine* donne un complexe coloré en jaune avec des *diénals*conjugués. (Sadoudi, 2014). On a utilisé pour cette mesure la spectrophotométrie UV SECOMAM de type uviline 9400 présenté dans la figure 13.

Mode opératoire (ET ISO 6885. 2012)

Préparation de réactif d'anisidine (utilisation 1 ou 2 jours).

La p-anisidine doit être conservée dans une bouteille sombre à 0° C à 4° C dans l'obscurité. Aucune coloration (gris ou rose) ne doit être observée. Si cela est présent, il faut purifier la p-anisidine comme suit :

Dissoudre 4 g de p-anisidine dans 100 ml d'eau à 75°C. Ajouter 0,5 g de sulfite de sodium (Na_2SO_3) et 2 g de charbon. Agiter pendant 5 min et filtrer à travers un papier filtre à rétention moyenne pour donner une solution claire. Refroidir le filtrat à 0°C et laisser à cette température pendant au moins 4 h. Filtrer les cristaux, de préférence sous vide, et laver avec un petit volume d'eau à environ 0 °C. Sécher dans un dessiccateur sous vide contenant un déshydratant efficace.

Dissoudre 0.125 g de p-anisidine dans une fiole jaugé de 50 ml compléter avec l'acide acétique glacial, (la teneur massique en eau dans l'acide acétique glacial n'excédant pas 0,1 %).

Dissoudre 0.12 g \pm 1 mg d'huile directement dans une fiole jaugée de 25 ml avec 10 ml d'isooctane et compléter au trait avec le même solvant. Si la lecture d'absorbance est faible ou trop grande (hors le domaine 0,2 à 0,8) on change la masse d'huile.

Avant la réaction

À l'aide d'une pipette prélever 2.5 ml de la solution (huile dans l'isooctane) dans un tube à essai et ajouter 0.5 ml d'acide acétique glacial. Agiter vigoureusement et stocker le tube à l'obscurité pendant 8 min à 23 °C \pm 3°C; Dans un délai de 2 minutes supplémentaires, verser la solution dans une cuvette de spectromètre (le temps totale de la réaction est 10 min \pm 1 min). Ajuster l'absorption nulle du spectromètre avec de l'isooctane à 350 nm. L'absorbance de la solution avant la réaction est notée par A_0 .

Après la réaction

À l'aide d'une pipette prélever 2.5 ml de la solution (huile dans l'isooctane). Ajouter 0.5ml de la solution de réactif d'anisidine, le tube est fermé et secoué dans le noir pendant 8min à $23 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$. Dans un délai de 2 minutes supplémentaires on fait la mesure spectroscopique. L'absorbance de la solution après la réaction est notée par A_1 . Si l'absorbance mesurée A_1 n'est pas comprise entre 0,2 et 0,8, répéter la préparation de la solution initiale (huile dans l'isooctane) comme montré précédemment.

Test à blanc

À l'aide d'une pipette prélever 2.5 ml d'isooctane. Ajouter 0.5ml de la solution de réactif d'anisidine, le tube est fermé et secoué dans le noir pendant 8min à $23 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$. Dans un délai de 2 minutes supplémentaires on fait la mesure spectroscopique. L'absorbance de la solution de teste à blanc est notée par A_2 . Si l'absorbance de teste à blanc A_2 dépasse 0,2, purifier le réactif anisidine comme mentionné précédemment. Répéter ce test avec le réactif anisidine frais.

Méthode de calcul

$$\text{IpA} = \frac{100 \cdot Q \cdot V}{m} [1,2 (A_1 - A_2 - A_0)]$$

A_1 : l'absorbance de la solution après la réaction

A_0 : l'absorbance de la solution avant la réaction

A_2 : l'absorbance de la solution de teste à blanc

V : le volume dans lequel l'échantillon d'essai est dissous, en millilitres (25 ml)

Q : la teneur en échantillon de la solution mesurée, selon laquelle l'indice d'anisidine a été exprimée, en grammes par millilitre ($Q = 0,01 \text{ g/ml}$).

$1,2$: le facteur correctif de dilution de l'échantillon après l'ajout du réactif d'anisidine (1 ml) ou d'acide acétique glacial.

m : la masse d'échantillon pesé dans la fiole (g).

La combinaison de l'IP et l'indice de para anisidine permet de calculer l'oxydation globale ; la valeur du paramètre TOTOX (Total Oxydation) est déterminée comme suit :

$$\text{TOTOX} = 2 \times \text{IP} + \text{IpA}$$

IP est l'indice de peroxyde exprimé en méq O_2/kg .



Figure13 : L'appareil de spectroscopie UV-visible

Chapitre III

Résultats et discussion

III.1. Introduction

Pour suivre l'évolution d'oxydation d'une huile il est utile de maîtriser deux paramètres essentiels : l'indice de peroxyde (produits primaires d'oxydation : hydroperoxydes) et l'indice de para-anisidine (produits secondaires : composés volatils) (Cuvelier, et Maillard, 2012). Au but d'obtenir une conception initiale, l'étude de l'évolution de la qualité de l'huile de soja avec et sans ajout des antioxydants au cours de la friture a été réalisée par la détermination de ces deux derniers indices. Pour cela, nous avons d'abord extrait et caractérisé l'huile essentielle de curcuma langa.

III.2. Extraction et Caractérisation d'huile essentielle

III.2.1. Détermination de rendement

Le rendement moyen en huile essentielle a été calculé en fonction de la matière végétale sèche de rhizome de curcuma langa. Le rendement est égal à $R = 1\%$. Cette valeur est faible para port le travail de (doctissimo,2016) ou le rendement est de 4 à 6 %.

III.2.2. Constantes physiques

L'huile essentielle avait une couleur jaune orange, était soluble dans l'éthanol avec le fort parfum caractéristique de curcuma langa. Les propriétés physiques tels que : la densité, l'indice de réfraction et le pouvoir rotatoire, constituent un moyen de vérification et de contrôle de la qualité de l'huile essentielle. Les résultats propres à la mesure de ces indices et comparés à la référence (Le Guehennec, et Monnatte-Lassus, 2014) sont consignés dans le tableau 4.

Tableau 4:Caractéristiques physiques d'huile essentielle étudiée

Propriété	Résultat	Référence
Densité d^{20}	0,929	0,925 à 0,945
Indice de réfraction 20°C	1,5115	1,505 à 1,515
Pouvoir rotatoire α_{20}	-20°	-30° à +5°

Les résultats obtenus des analyses physico-chimiques montrent que notre huile analysée est en accord avec la référence de comparaison.

III.3. Stabilisation des huiles alimentaire par les extraits de la sauge

III.3.1. Caractéristiques chimiques des huiles

Au but d'optimiser la quantité d'antioxydant naturel utilisé nous avons effectué la comparaison entre les indices de peroxyde et les indices de para-anisidine d'huile fraîche, huile thermo-oxydée, huile thermo-oxydée en présence de BHT 100ppm et huile thermo-oxydée en présence d'huile essentielle en variant la teneur en huile essentielle (12.5ppm, 25ppm, 50ppm, 100ppm et 200ppm).

III.3.2. Indice de peroxyde

L'oxydabilité d'une huile dépend en grande partie de la nature des acides gras constitutifs. Plus une huile est riche en acides gras insaturés, plus elle devient sensible à l'oxydation. Cette réaction serait favorisée par l'air, la lumière et la chaleur.

On observe une diminution remarquable d'indice de peroxyde même pour une faible quantité d'HE (de 9.8 pour l'huile fritee à 6.7 pour l'huile fritee en présence de 12.5ppm d'HE) ce qui indique une très bonne stabilisation de cette substance naturelle.

La valeur d'IP en présence d'HE 100 ppm est comparable à celle obtenu avec l'huile fritee en présence de stabilisant industriel (BHT 100ppm), on signal que la valeur normale permise de ce dernier est de 75ppm. Alor que une meilleure stabilisation a été observée avec l'huile fritee en présence d'HE 200 ppm. Les résultats obtenus de l'indice de peroxyde sont représentés par la figure 14.

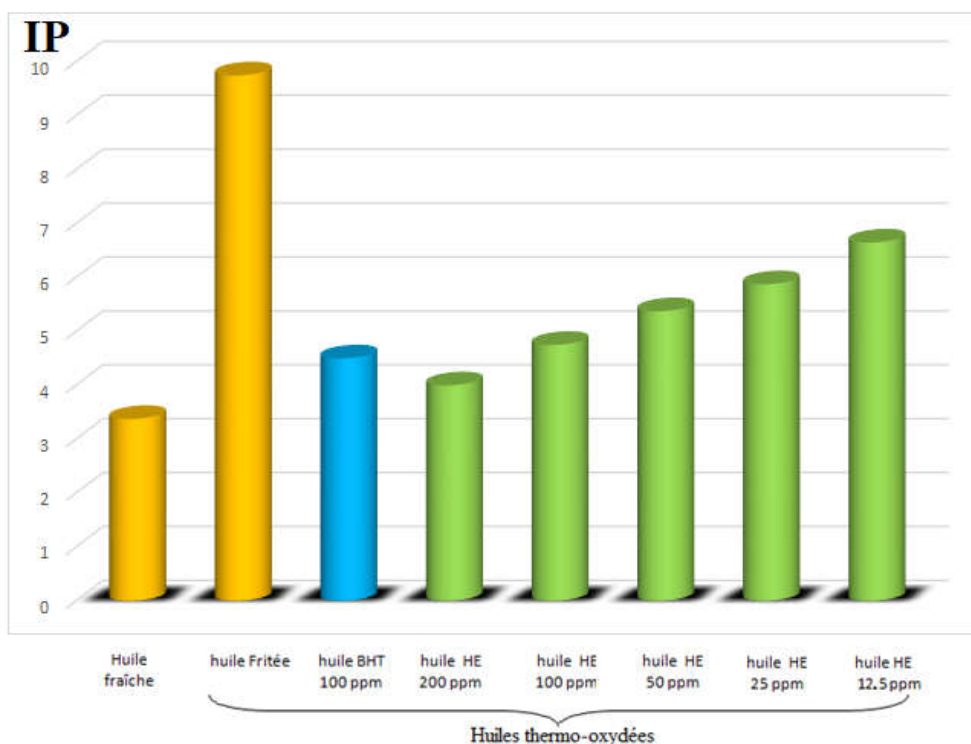


Figure14 : Evolution d'indice de peroxyde en variant la teneur en huile essentielle

III.3.3. Indice de P-anisidine

Un faible indice de peroxyde n'est pas nécessairement un critère de qualité. Il est donc important de combiner cet indice avec la mesure des produits secondaires de l'oxydation pour connaître l'état réel de l'oxydation d'huile. Ceci a été réalisé en mesurant l'indice de para-anisidine, qui détecte la présence des composés aldéhydiques et cétones non volatils générés lors de la décomposition des hydro peroxydes, ces composés participent au développement du goût de rance. (Mahdjoubi, 2023). Les résultats obtenus de l'indice de P-anisidine sont représentés par la figure 15.

Le résultat le plus remarquable est observé avec l'huile fritee en présence d'HE 200 ppm ce qui indique la participation des composés d'huile essentielle dans les mécanismes réactionnelles d'inhibition de production des produits secondaires d'oxydation.

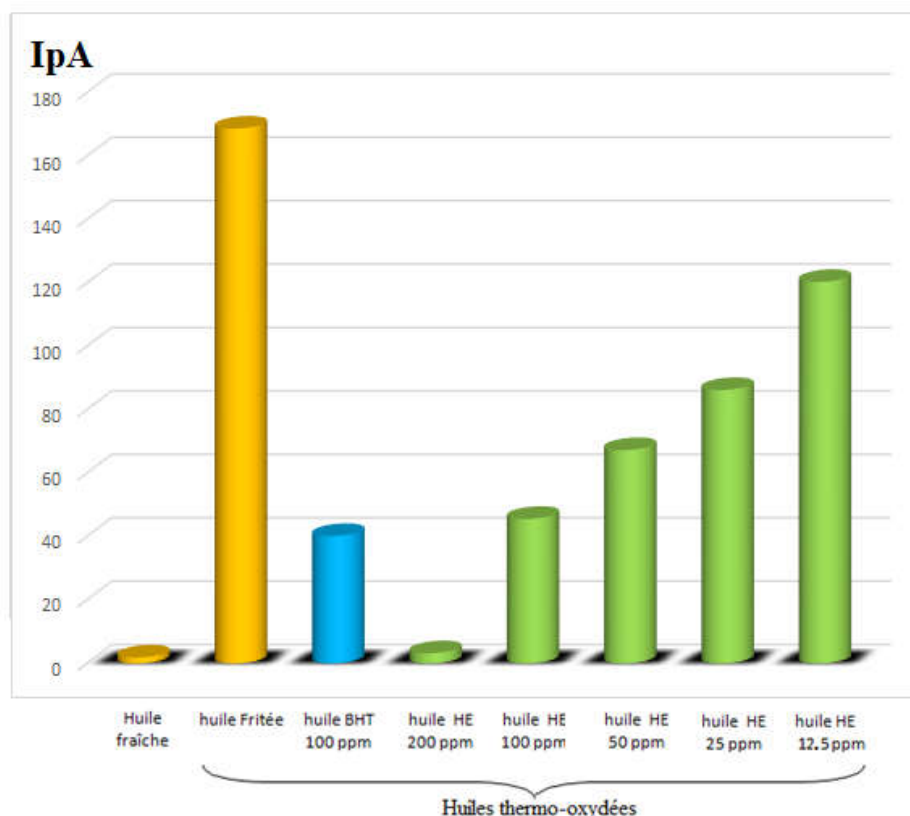


Figure 15 : Evolution d'indice de para-anisidine en variant la teneur en huile essentielle

III.3.4. L'oxydation globale

La combinaison de l'IP et l'indice de para anisidine permet de calculer l'oxydation globale ; Le paramètre TOTOX permet de mieux d'évaluer l'état d'oxydation de la MG, en tenant compte les différentes formes d'oxydation des AG. La valeur TOTOX renseigne sur la qualité initiale et finale d'une huile ; Actuellement, cette mesure est adoptée fréquemment dans l'industrie alimentaire pour estimer l'ampleur d'oxydation des aliments élaborés. Les résultats obtenus de taux d'oxydation total TOTOX sont représentés par la figure 16.

On observe une diminution remarquable d'oxydation globale dans le cas d'HE 200 ppm ; On peut estimer que la valeur optimale d'HE se trouve dans l'intervalle 100 ppm et 200 ppm. C'est ce que ça pourrait être l'objet d'une future étude.

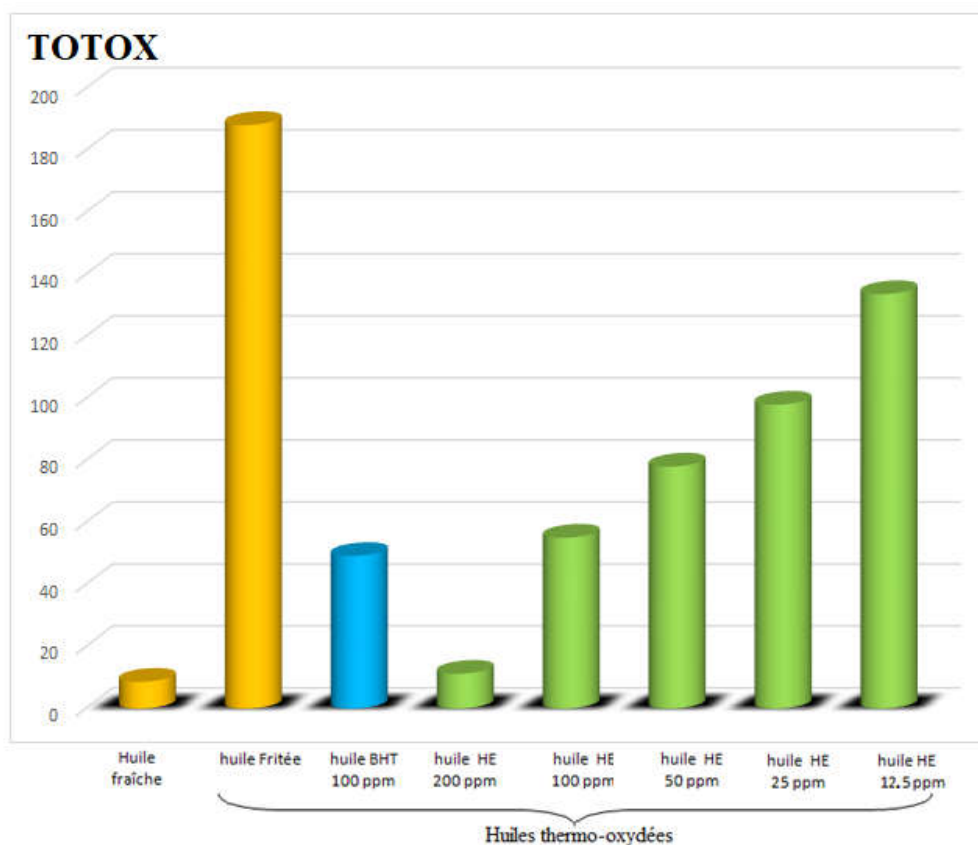


Figure 16 : Evolution d'oxydation globale en variant la teneur en huile essentielle

Le tableau suivant résume les valeurs obtenues d'indice de peroxyde, indice de para-anisidine et d'oxydation globale.

Tableau 5 : Evolution d'oxydation des huiles en variant la teneur en huile essentielle

Echantillant	IP	IPA	TOTOX
Huile Fraîche	3,4	1,9	8,7
Huile Thermo-Oxydée	9,8	168,7	188,2
Huile Thermo-Oxydée + BHT	4,5	40,2	49,2
Huile Thermo-Oxydée + HE 200ppm	4,0	3,3	11,3
Huile Thermo-Oxydée + HE 100ppm	4,8	45,6	55,1
Huile Thermo-Oxydée + HE 50ppm	5,4	67,3	78,1
Huile Thermo-Oxydée + HE 25ppm	5,9	86,3	98,0
Huile Thermo-Oxydée + HE 12.5ppm	6,7	120,4	133,7

Conclusion générale

Conclusion générale

Le présent travail est axé sur la recherche et la valorisation des substances naturelles qui par leurs activités biologiques pourraient être utilisées dans le domaine de conservation des aliments. Cette étude a pour but d'évaluer l'effet de la teneur en huile essentielle rhizomes de curcuma longa sur la stabilité de l'huile de soja ; Cette huile, largement utilisée en cuisson et friture, a été soumise à une température de 180°C pendant une heure dont les proportions incorporées d'huile essentielle sont comme suivant : 200 ppm, 100 ppm, 50 ppm, 25 ppm, et 12.5 ppm.

Pour suivre l'évolution d'oxydation on a étudié l'indice de peroxyde et l'indice de para-anisidine. On a utilisé le BHT comme référence.

Les résultats montrent :

Une diminution remarquable d'indice de peroxyde même pour une faible quantité d'HE (de 9.8 pour l'huile frite à 6.7 pour l'huile frite en présence de 12.5ppm d'HE) ce qui indique une très bonne stabilisation de cette substance naturelle.

La valeur d'IP en présence d'HE 100 ppm est comparable à celle obtenue avec l'huile frite en présence de stabilisant industriel (BHT 100ppm), on signale que la valeur normale permise de ce dernier est de 75ppm.

Une diminution remarquable d'indice de para-anisidine est observée avec l'huile frite en présence d'HE 200 ppm ce qui indique la participation des composés d'huile essentielle dans les mécanismes réactionnels d'inhibition de production des produits secondaires d'oxydation.

On peut estimer que la valeur optimale d'HE se trouve dans l'intervalle 100 ppm et 200 ppm. C'est ce que ça pourrait être l'objet d'une future étude.

Références bibliographiques

A

Ahlam, K.Faiza, K. (2022). Activité antioxydant de curcuma longa L.-analyse d'articles.

Ait khelifa, H. Smail, M. (2019).Mémoire de Master. Chimie Analytique. Extraction et caractérisation des huiles essentielles du curcuma. Université A. MIRA – Béjaïa.

B

Boufekker, S. Aggoune, D. Z. (2018) .Mémoire de Master 2 Biochimie de la nutrition. Isolement et Caractérisation Structurale de Curcuminoides d'Origine Naturelle. Université des Frères MentouriConstantine .

C

Cuvelier, C., Cabaraux, J. F., Dufrasne, I., Hornick, J. L., &Istasse, L. (2004). Acides gras: nomenclature et sources alimentaires. In Annales de Médecine Vétérinaire (Vol. 148, No. 3). Annales MedecineVeterinaire, Liege, Belgium.

D

Dridi, W. (2016). Influence de la formulation sur l'oxydation des huiles végétales en émulsion eau-dans-huile (Doctoral dissertation, Bordeaux).

E

Eymard, S. (2003). Mise en évidence et suivi de l'oxydation des lipides au cours de la conservation et de la transformation du chinchard (*Trachurustrachurus*): choix des procédés (Doctoral dissertation, Université de Nantes).

G

Grugeau, C. Curcuma Longa L (*Zingibéracées*). thèse d'exrcice, Limoges, Université de Limoges, 1995.

K

Khedis, L. & Aid, A. (2020). Caractérisation phytochimique et activité antibactérienne de curcuma longa »Memoire De Master. Université Akli Mohand Oulhadj . Bouira .

L

Latreche, A. Temame, H. (2020). Mémoires Master Sciences Biologiques Optimisation de l'extraction de l'huile des extraits de l'huile de curcuma et évaluation de son activité antioxydante. Université Mohamed El Bachir El Ibrahim B.B.A,

Le Guehenec, J. et Monnatte-Lassus, S. (2014). Huile essentielle de curcuma. Ecole française d'aromathérapie (EFAI)

M

Mahdjoubi, A. (2023). Elaboration et mise en évidence des propriétés antioxydante et antimicrobienne des huiles essentielles et extraits phénoliques de la plante locale : Salvia officinalis. Thèse de doctorat en sciences. Université Amar Telidji – Laghouat.

Mebarkia, Z. Miloudi, F. (2022). Etude bibliographique du Curcuma longa L (Doctoral dissertation).

Mouhoubi, O. (2017). Effet de certaines huiles essentielles sur la stabilité oxydative des huiles alimentaires raffinées (palme, soja, tournesol et leur mélange). Université A. MIRA – Bejaia.

O

Ohin, O. I. M. F., Dahouenon-Ahoussi, E., Bokossa, A., Degnon, R., Allagbe, A. (2020). Valorisation des sous-produits issus de la production du sirop des rhizomes de Curcuma longa (L). EPAC/UAC.

P

Philippe, G. Jean-Marc, A. Pierre, A. Fabien, P. Monique, L. (2005). les rôles physiologiques majeurs exercés par les acides gras polyinsaturés (AGPI)

Pratondo, A. Elfahmi, E. Novianty, A. (2022). Classification of Curcuma longa and Curcuma zanthorrhiza using transfer learning. PeerJ Computer

R

Ratsaraefatrarivo Z. N. (2015). caractérisation de la composition chimique et potentialités

Références bibliographiques

antioxydantes de l'huile essentielle de Curcuma Longa (Zingiberaceae). Université d'antananarivo.

S

Sadoudi, R. (2014). Consequences métaboliques de la consommation de l'huile de tournesol thermooxydée chez le rat blanc. Thèse de doctorat. *Ecole nationale supérieure d'agronomie d'el harrach* département de technologie alimentaire.

عنوان المذكرة :تأثير زيت جذمورالكرم لونجا على ثبات زيت فول الصويا المؤكسد حرارياً

الاسم :خديجةاللقب : بوسعديةالموخر : محجوبي الحاج عيسى

الاسم : سبيل الرشاداللقب : شيبوط

الملخص:تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير محتوى الزيت العطري لجذمور الكرم على ثبات الأوكسدة الحرارية لزيت فول الصويا ، وقد تمت معالجة هذا الزيت حرارياً في وجود زيت حكيم عطري من خلال تغيير الأحجام. تم إجراء العملية على الزيت وحده وبوجود BHT ، أحد مضادات الأوكسدة الصناعية.

ثم تم اختبار الزيوت عن طريق قياس مؤشر البيروكسيد ومؤشر البارانايسيدين ، وتوجت هذه الدراسة بالاستنتاج بأن الزيت العطري الخاص بنا مناسب للاستخدام كمضاد أكسدة طبيعي وصحي بدلاً من مضادات الأوكسدة الاصطناعية.

الكلمات الدالة:الزيوتالعطرية، الأوكسدةالحرارية، مضاداتالأوكسدة ، الزيوت الغذائية ، مؤشرالبيروكسيد، مؤشربارانايسيدين.

Memory title: Effect of rhizomes of turmeric longa L.essential oil on the stability of thermo-oxidized soybean oil

Name:Chiboutname:SabilRachadDirected by: Mahdjoubi Hadj Aissa

Name:Boussadianame: Khadidja

Abstract:This study aims to evaluate the effect of the essential oil content of turmeric longa rhizomes on the thermooxidative stability of soybean oil, this oil was heat treated in the presence of sage essential oil by varying the volumes. incorporated and to make the comparison, the same operation was carried out on the oil alone and in the presence of BHT, an industrial antioxidant.

The oils were then tested by measuring peroxide index and para anisidine index. This study is crowned by the conclusion that our essential oil is suitable for use as a healthy natural antioxidant instead of synthetic antioxidants.

Key words: Essential oils, thermooxidation, antioxidants, edible oils, peroxide index, para-anisidine index.

Titre du mémoire : Effet d'huile essentielle de rhizomes de curcuma longa L. sur la stabilité de l'huile de soja thermo oxydée

Nom : ChiboutPrénom : Sabil RachadEncadreur : Mahdjoubi Hadj Aissa

Nom : BoussadiaPrénom : Khadidja

Résumé : Cette étude a pour but d'évaluer l'effet de la teneur en huile essentielle de rhizomes de curcuma longa sur la stabilité thermooxydante de l'huile de soja, cette huile a été traitée thermiquement en présence d'huile essentielle de la sauge en variant les volumes incorporés et pour faire la comparaison, la même opération a été effectuée sur l'huile seule et en présence de BHT un antioxydant industriel.

Les huiles ont ensuite été testées par la mesure d'indice de peroxyde et indice de para anisidine . Cette étude est couronnée par la conclusion que notre huile essentielle est appropriée pour être utilisée comme antioxydant naturel sain au lieu des antioxydants synthétiques.

Mots clés : Huiles essentielles, thermooxydation, antioxydants, huiles alimentaires, indice de peroxyde, indice de para-anisidine .