

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université A. Mira – Bejaïa
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des sciences alimentaires
Filière : Sciences Biologiques
Spécialité : Qualité des produits et sécurité alimentaire



Réf :

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

MASTER

Thème

**Effet de friture sur l'huile de soja enrichie avec
l'extrait phénolique des pépins de raisin**

Réalisé par:

MOULOUDJ IBTISSEM Nadine & MEZIANI LYNDA

Devant le jury composé de:

M^{me} AIDLIA

MAA

Présidente

M^{me} MEDOUNI.S

MCA

Promotrice

M^{me} MEKHOUKHE.A

MCA

Examinatrice

Invités : Mr HADJAL. S

Directeur R & D, Cevital, Bejaia

Mr ALIANE. K

Ingénieur R & D, Cevital, Bejaia

Année universitaire: 2021/2022

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
M^{me} Medouni .S qui nous a fait honneur en dirigeant ce travail ainsi qu'en
nous guidant tout au long de sa réalisation.**

**Nos remerciements vont également a
M^{me} Aidli .A pour l'honneur qu'elle nous fait de présider
Et à M^{me} Mekhoukhe .A d'avoir accepté d'examiner notre travail.**

**Nous adressons nos sincères remerciements à l'entreprise agroalimentaire
CEVITAL Spa, en particulier à M^r Aliane pour son aide et M^r Hedjal.**

**Nous tenons à formuler notre gratitude et nos profondes reconnaissances
A l'égard de nos parents pour leurs indéfectibles soutiens
Durant tout notre cursus.**

Nos vifs remerciements a toute personne qui a aider a contribué ce travail.



Merci

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

**Aux deux êtres qui me sont les plus chers au monde
mon père & ma mère,**

À

**qui je dois le mérite d'être arrivée là, qu'ils trouvent l'expression de ma profonde
gratitude et mon affection.**

**À mes très chers frères Amine et Sami
à qui je souhaite tout le bonheur du monde.**

À toute ma famille,

À tous mes amis.

À ma camarade Nadine et toute sa famille

À tous ceux qui m'aiment.



Dédicaces

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail

À

**Mes très chers parents pour leurs conseils, leurs sacrifices et surtout pour leurs
Soutiens tout au long de ma vie et de mon cursus et auxquels je ne rendrai jamais assez
et que le
Bon Dieu me les gardes.**

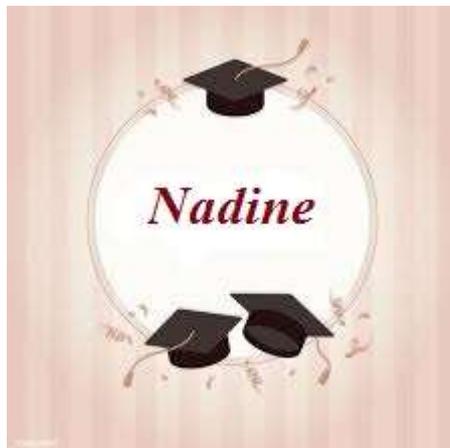
**Ma chère sœur Ryma et mon frère Lamine, à qui je souhaite la réussite et une très belle
vie.**

Je remercie ma famille, ceux avec qui j'ai partagés les meilleurs moments de ma vie ;

Mes amies Chahra et Imene pour leur soutien et leurs aides.

À

Mon binôme Lynda de partage l'honneur de ce travail.



Liste des abréviations

(A•) n : Radicale libre.

(AH) n : Molécule d'acide gras insaturé.

Abs : Absorbance.

BHA : Terbutylhydroxyanisol.

BHT : Butylhydroxytoluène.

CHS : Caractéristique l'huile de soja.

CHSD : Caractéristique l'huile de soja désagréable.

DPPH : 2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl.

F : Friture.

H : Huile.

IC50 : Concentration efficace pour inhiber 50% du radical DPPH.

ISO : Organisation Internationale de Normalisation.

J : Jaune.

Méq O₂ /Kg : Milliéquivalents d'oxygène actif par kilogramme.

OSI : Indice de stabilité oxydative.

R : Rouge.

TIR : Temps d'induction au test Rancimat.

OPC : Oligomères proanthocyanidiques de catéchine.

ERO : Espèces réactives de l'oxygène.

I% : Pourcentage d'inhibition su radical DPPH*.

Liste des figures

Figure 1 : Activités biologiques des polyphénols	11
Figure 2 : Préparation et traitement des pépins de raisin.	13
Figure 3 : Poudre d'extrait phénolique des pépins de raisin après lyophilisation.	14
Figure 4 : Appareil High Shear (mélangeur à haute vitesse).	15
Figure 5 :Appareil de mesure de la stabilité à l'oxydation Rancimat	16
Figure 6 : Friture sans aliment.	18
Figure 7 : Friture avec aliment (la pomme de terre).	19
Figure 8 : Appareil Optify MIROIL.	19
Figure 9 : Appareil calorimètre Lovibond.	20
Figure 10 : Échantillons de l'huile durant la friture sans aliments.	25
Figure 11 : Sept échantillons de l'huile de friture avec aliments plus le témoins	25
Figure 12 : Teneurs en composés polaires de l'huile enrichie et non enrichie, formés au cours des différentes fritures, avec et sans aliment.....	26
Figure 13 : Évolution de la couleur Rouge + Jaune de l'huile de friture	27

Liste des tableaux

Tableau I : Composition en acide gras de l'huile de soja	3
Tableau II : Composition biochimique des pépins de raisin.	8
Tableau III : Résultats de la stabilité à l'oxydation ou test au Rancimat des échantillons étudiés.	21
Tableau IV : Paramètres organoleptiques de l'huile de soja au cours de friture.	23

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....	1
-------------------	---

Section 1 : Synthèse bibliographique

I.1. Généralités sur l'huile de soja.....	3
I.1.1. Description de l'huile de soja	3
I.1.2. Composition de l'huile de soja.....	3
I.1.3. Étapes du raffinage de l'huile de soja	3
I.1.3.1. Démucilagination.....	4
I.1.3.2. Neutralisation.....	4
I.1.3.3. Lavage et séchage.....	4
I.1.3.4. Décoloration.....	4
I.1.3.5. Filtration.....	5
I.1.3.6. Désodorisation.....	5
I.1.4. Friture et stabilité de l'huile.....	5
I.1.4.1. Friture	5
I.1.4.2. Réactions de dégradation des huiles de friture.....	6
I.1.4.3. Stabilité de l'huile	6
I.2. Pépins de raisin.....	6
I.2.1. Généralités sur les raisins.....	7
I.2.2. Composition chimique des pépins de raisins.....	7
I.3. Composés Phénoliques.....	8
I.4. Stress oxydatif.....	9
I.4.1. Définition du stress oxydatif.....	11
I.4.2. Origine du stress oxydant	11

Partie Pratique

Section 2 : Matériel et Méthodes

I. Matière végétale.....	13
I.1. Huile de soja.....	13
I.2. Pépins de raisin.....	13
I.3. Pomme de terre.....	14
II. Traitement et préparation de l'échantillon.....	14
II.1. Extraction des composés phénoliques.....	14
II.2. Enrichissement de l'huile de soja	15
II.3. Détermination de la stabilité à l'oxydation ou test au Rancimat.....	15
II.4. Evaluation du pouvoir de piégeage du radical DPPH*	16
II.5. Procédure de friture	17
II.5.1. Friture sans aliment.....	18
II.5.2. Friture avec aliment.....	18

II.6. Détermination des paramètres physico-chimiques après friture	19
II.6.1. Détermination du taux des composés polaires.....	19
II.6.2. Détermination de la couleur.....	20

Section 3 : Résultats et discussion

I. Caractérisation de l'huile de soja	21
II. Résultats de la stabilité à l'oxydation ou test au Rancimat.....	21
III. Activité anti-radical DPPH*	22
IV. Étude de l'évolution de la qualité organoleptique de l'huile de soja au cours de la friture.....	22
V. Composés polaires	25
VI. Couleur de l'huile.....	27
Conclusion.....	29

Références bibliographiques

Introduction

Les huiles végétales garantissent une fonction nutritionnelle et énergétique, elles sont des sources d'acides gras indispensables, et assurent des fonctions technologiques comme moyens de transport de chaleur en cuisson tel que la friture, qui est une méthode de cuisson des aliments qui apporte rapidité et régularité à la cuisson de l'aliment, mais dégrade la qualité nutritionnelle de ceux-ci, en plus d'être potentiellement cancérigène **(Cuvelier et Maillard, 2012)**.

La modification issue au cours des opérations de fritures dépend des conditions utilisées pour la cuisson, en particulier la température de bain de friture qui est en moyenne 180°C, le temps de cuisson, le nombre de cycles et le type d'aliments. En raison que la plupart des huiles végétales sont instables à cause de leur susceptibilité d'altération lipidiques comme l'oxydation qui peut se produire sur les acides gras insaturés, et entraîne la formation de radicaux libres, d'hydrocarbures, d'aldéhydes, de cétones, d'esters et de peroxydes ; Ces éléments favorisant le développement de certaines maladies telle que l'artériosclérose **(Wu et Nawar, 1986 ; Kubow, 1990)**. Il est donc nécessaire d'ajouter certains composés antioxydants **(Cuvelier et Maillard, 2012)**.

Les antioxydants sont utilisés comme additifs dans les matières grasses et les huiles de l'industrie alimentaire ; Toutefois, les antioxydants synthétiques comme le butylhydroxytoluène (BHT) et le butylhydroxyanisole (BHA) ont des effets néfastes sur la santé humaine et sont facilement volatiles à haute température **(Faraget *et al.*, 2003)**.

L'ampleur de ce problème a fait que des antioxydants naturels deviennent de plus en plus recommandés pour remplacer les antioxydants synthétiques. Dans cette démarche, la stabilisation des huiles végétales, dont l'oxydation mène à la réduction de la qualité des huiles et des aliments frits, a fait l'objet de nombreuses recherches ayant opté pour l'utilisation des antioxydants naturels à pouvoir antioxydant remarquable **(Gertz, 2000 ; Warner, 2002)**.

Les composés phénoliques sont les antioxydants naturels les plus importants qui se trouvent dans les différentes parties des plantes (fruit, feuilles, pelures, graines...). Ils possèdent une structure chimique ayant une capacité à piéger les radicaux libres, réagir comme donneurs d'électrons ou de protons et chélateurs des ions métalliques **(Rice-Evans *et al.*, 1996)**.

L'industrie de transformation des fruits et légumes génère de grandes quantités de déchets comme les pelures et les graines qui sont connus par leur richesse en antioxydants, notamment en composés phénoliques(**Garcia-Jareset al., 2015**) ; Mais ces derniers sont jetés dans l'environnement, ces déchets peuvent être considérés comme des sous-produits et exploités pour la production des additifs alimentaires et antioxydants naturels de haute valeur nutritionnelle présentant un avantage économique(**Babbaret al., 2012**).

Les antioxydants issus des sous-produits agroalimentaires ont un rôle dans l'amélioration de la stabilité oxydative d'un aliment par la prévention de la peroxydation des lipides (**Gordon, 1990**).

Notre travail vise à exploiter les composés phénoliques, extraits à partir des pépins de raisin, et de les incorporer dans l'huile de soja raffinée, produite par l'entreprise agroalimentaire Cevital Spa, afin d'étudier leurs effets sur la stabilité oxydative de l'huile ainsi que sur son activité antioxydante au cours de la friture. Cette étude est subdivisée en trois parties :

La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique : qui porte sur des généralités sur l'huile de soja, la stabilité des huiles, les pépins de raisin, l'oxydation et les antioxydants, et sur la friture de l'huile.

La deuxième partie concerne le volet pratique dont, la partie matériel et méthodes où seront développés les protocoles expérimentaux, qui englobe : l'enrichissement de l'huile de soja par l'extrait phénolique des pépins de raisin, la réalisation d'une série de friture, l'extraction et le dosage des composés phénoliques, ainsi que l'évaluation de l'activité antioxydante ; et en troisième partie c'est la partie résultats et discussions dans on va démontrer et déduire les résultats obtenues, afin de réaliser les objectifs visser dans ce travail.

I.1. Généralités sur l'huile de Soja

I.1.1. Description de l'huile de soja

L'huile de soja est une huile végétale extraite par les grains de soja qui sont riches en protéines complètes. Avec un aspect fluide d'une couleur jaune plus ou moins foncé suivant la variété des graines et les procédés d'extraction, cette huile est riche en acides gras polyinsaturés et notamment en acide gras essentiel alpha-linoléique. L'huile de soja est utilisée dans l'alimentation, et recommandée pour les assaisonnements en raison de son profil nutritionnel riche (Cossut et al., 2002).

I.1.2. Composition de l'huile de soja

La composition de l'huile de soja diffère des autres huiles végétales au niveau de la forme d'insaturation et de la présence d'acide linoléiques (C18:3) en quantité appréciable (Platon, 1988). Elle possède les vitamines A, E, K et les phytostérols (Labat, 2013).

L'huile de soja est faible en acide gras mono-insaturés et saturés et les glycérides di et tri-saturés sont pratiquement absentes ou en très faible quantités. Elle fait partie des huiles les plus riches en acide gras polyinsaturés totalisant 54 à 72% des lipides totaux (Lecerf, 2011). La composition moyenne de l'huile de soja en acides gras est illustrée dans le Tableau I.

Tableau I : Composition en acide gras de l'huile de soja (Planton, 1988).

Types d'acides gras	Pourcentage (%)
Acide palmitique (C16 : 0)	11,5
Acide stéarique (C18 : 2)	4,0
Acide oléique (C 18 : 2)	25,0
Acide linoléique (C18 :2)	51,5
Acide linoléique (C18 : 3)	7,5
Acide arachidique (C20 : 0)	0,5

I.1.3. Étapes du raffinage de l'huile de soja

Les huiles brutes obtenues renferment un certain nombre d'impuretés indésirables responsables du goût et de l'odeur désagréables et de leur mauvaise conservation (Mohtadji-Lamballais, 1989; Jamil et al., 1998).

Le raffinage a pour but de traiter et transformer l'huile en un produit commercial, en éliminant les acides gras libres, les produits d'oxydation, les arômes désagréables, les colorants, les produits toxiques et également les phospholipides et les métaux pour garantir au consommateur un produit d'aspect clair, neutre de goût, résistant à l'oxydation et adapter à l'emploi désigné (Mohtadji-Lamballais,1989; Denise; 1992 Jamilet *al.*,1998).

I.1.3.1. Démucilagination (ou dégomme)

C'est la première étape du procédé chimique qui consiste à éliminer une faible quantité de produits tels que les mucilages et les phospholipides, ces dernières vont être éliminées dans la phase aqueuse, cette opération se fait par l'ajout de l'eau chaude (80°) additionnée de l'acide phosphorique (0,1 à 0,3%), puis les deux phases sont séparées par centrifugation (Subramanian et Nakajima,1997).

En pratique il est prouvé qu'une huile mal dégomme s'acidifie, s'oxyde et prend rapidement une saveur forte et amère (Francois,1974).

I.1.3.2. Neutralisation

Les acides gras libres, dont les teneurs dans les huiles varient entre 0.3 et 5 %, sont extraits au cours de la neutralisation. Cette étape du procédé consiste à l'ajout d'une solution de soude à l'huile chauffée à 80-90°C, qui se combine aux acides gras libres responsables de l'acidité et de l'oxydation de l'huile pour donner des savons insolubles qui seront éliminés par centrifugation, la soude permet aussi de débarrasser l'huile de la quasi-totalité des métaux et détruit un nombre de pigments colorés (Règisetal.,2016).

I.1.3.3. Lavage et séchage

Le lavage permet d'éliminer les savons résiduels et la soude en excès présent dans l'huile sortant de la centrifugeuse, ainsi que les traces de métaux et des phospholipides, il est préférable d'utiliser de l'eau décalcifier la plus chaude possible à 90°C. Le séchage permet d'éliminer l'humidité présente dans l'huile lavée avant l'opération de décoloration car elle peut provoquer le colmatage rapide des filtres. L'huile neutralisée sortante du lavage à une température de 90°C, est séchée sous vide par pulvérisation (Denis, 1992).

I.1.3.4. Décoloration

Le but principal de cette opération est l'élimination des substances colorées contenues dans l'huile. La décoloration fait intervenir un agent d'adsorption (terre décolorante), cette opération est considérée comme un phénomène physique même s'il peut entraîner en outre certaines modifications chimiques, cet agent ne joue pas uniquement un rôle décolorant par

fixation des pigments colorés mais présentent également un effet "Nettoyant" par adsorption de divers composés indésirables présents dans l'huile (**Platon, 2007**).

I.1.3.5. Filtration

C'est une séparation de l'huile de la terre décolorante chargée de pigments. Elle est réalisée par des filtres ayant des pores qui empêchent le passage des matières solides en permettant l'écoulement du liquide seulement (**Cheftel et Cheftel, 1977**).

I.1.3.6. Désodorisation

Elle est destinée à éliminer les produits odorants présents dans les huiles brutes (**Apfellbaumet al., 1999**). La désodorisation consiste à envoyer un courant de vapeur sèche à travers de l'huile portée à environ 200°C et maintenue sous vide afin que les produits volatils comme aldéhydes, cétones responsables du goût et d'odeurs désagréables de l'huile soient entraînés par la vapeur après désodorisation, l'huile doit être refroidie (**Mohtadji et Lamballais, 1989**).

I.1.4. Friture et stabilité de l'huile

I.1.4.1. Friture

La friture est une méthode de préparation des aliments, très ancienne et très appréciée qui utilise de la matière grasse alimentaire comme vecteur de la chaleur qui altère l'aliment, elle conduit à une évaporation de l'eau à la surface des aliments qui permet un processus de déshydratation pour un transfert de chaleur rapide et une cuisson courte et former une croûte (**Bouchon, 2009**).

Elle se fait à des températures supérieures au point d'ébullition de l'eau entre 150°C et 190°C (**Torres Gonzalez et al., 2018 ; Udomkunet al., 2019**). Il existe deux types de fritures :

a) Friture profonde

La friture profonde implique un transfert simultané de chaleur et de masse dans les opérations de transformations des aliments en immergeant les aliments dans l'huile chaude à une température égale ou supérieure à 180 °C (**Nayaket al., 2016**).

b) Friture plate

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

I.1.4.2. Réactions de dégradation des huiles de friture

Pendant la friture diverses réactions provoquent un spectre des changements physiques et chimiques. Ce sont des réactions extrêmement complexes qui provoquent la formation de nombreux produits de polymérisation, dans plus de 400 ont été identifiés à des températures élevées lorsque l'apport d'oxygène est plutôt limité. Les principales réactions conduisent à une polymérisation plutôt qu'à une oxydation des produits, ces produits sont également formés entre les ingrédients alimentaires et l'huile, affectant le goût, la saveur et la durée de conservation des produits (Saguy et Dana, 2003).

a) Réactions d'hydrolyse

Lors des conditions normales de friture, les réactions d'hydrolyses sont moins importantes (Gornay, 2006). Au contact de la vapeur d'eau, ces réactions détruisent les liaisons entre le glycérol et les acides gras conduisant à la formation d'acide gras libres, monoglycérides, les diglycéides et le glycérol (Rojas Gonzales, 2007).

b) Réactions d'oxydation

Au contact avec l'air, les acides gras ont tendance à s'oxyder, et les doubles liaisons attirent les molécules d'oxygène (Bouras, 2004). Pendant l'oxydation, il ya l'apparition des changements indésirables dans l'huile et les produits frits lors de la friture comme les arômes et un changement de couleur (Vitrac *et al.*, 2003).

c) 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 et intramoléculaire 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).

d) Réactions d'isomérisation

D'autres produits de dégradation peuvent apparaître lorsque le corps gras est soumis à des conditions extrêmes, en particulier des températures élevées. En effet, au-dessus de 200°C, les doubles liaisons s'isomérisent et prennent généralement les formes conjuguées, ce qui aboutit à la formation des liaisons *trans* (Pokorny, 2003 ; Tsuzuki *et al.*, 2010).

I.2. Pépins de raisin

Le pépin de raisin fait partie des graines albuminées ; Chaque pépin est composé d'un embryon entouré d'un albumen, l'ensemble des trois parties du tégument (interne, intermédiaire et externe) constitue la coque ligneuse du pépin, entourant l'albumen. Enfin une fine cuticule constitue la dernière assise cellulaire du pépin. La couleur des pépins évolue du vert au marron au cours de leur développement (Cadot *et al.*, 2006).

La forme et la grosseur des pépins présentent une certaine spécificité qui est cependant peu utilisée pour caractériser des variétés, ils sont riches en huiles et en phénols (Winikler *et al.*, 1974 ; Huglin, 1986 ; Etchebarne, 2008).

Les graines sont constituées d'une peau externe dure et de protéines riches en lipides (Magnier, 1991).

I.2.3. Composition chimique des pépins de raisin

Les pépins de raisin représentent jusqu'à 6% du poids total de la baie, ils sont utilisés dans le domaine industriel pour la production de l'huile de pépins de raisin et des tourteaux de pépins de raisin (Amrani et Glories, 1995 ; Cadot *et al.*, 2006).

Ils contiennent une quantité élevée d'huile comestible de très grandes qualités, connue pour ses vertus alimentaires et ses propriétés diététiques. Autre son utilisation en diététique, elle est aussi employée pour la fabrication de produits cosmétiques : sa richesse en acides gras essentiels alliée à une grande fluidité, en fait une excellente huile de massage (Demelin, 2012).

Les pépins de raisins étant très riches en oligomères proanthocyanidiques (OPC) de catéchine et d'épicatéchine, nous en retrouvons une grande quantité dans l'huile. Elle a également des propriétés antioxydantes principalement les tanins (5 à 8% du poids des pépins) qui vont lui permettre de lutter contre les radicaux libres et donc contre le vieillissement prématuré des cellules : elle aide à combattre les rides et le relâchement cutané et à renforcer la fibre capillaire (Demelin, 2012).

La quantité des tanins de pépins diminue significativement pendant la maturation des raisins (**Kennedy, 2000**). Les pépins sont également composés de procyanidines et en moindre quantité d'acide gallique et d'épigallocatechine (**Guendez,2005**).La composition biochimique des pépins de raisin matures est donnée dans le tableau II :

Tableau II : Composition biochimique des pépins de raisin (**Cabanis et al., 1998**).

Constituants	Teneurs
Eau	25 - 45 %
Composé glucidique	34 - 36 %
Lipides	13 - 20 %
Matières azotées	4 - 6,5 %
Tanins	4 - 10 %
Matières minérales	2 - 4 %

I.3.Composés Phénoliques

Le terme « polyphénol » ou « composé phénolique » comprend plus de 8000 molécules (**Lugaci et al., 2003**), réparties en dix catégories chimiques, qui ont toutes un point commun : au moins un cycle aromatique est présent dans leur structure à 6 carbones, lui-même porteur d'un nombre variable de fonctions hydroxyles (OH). Le plus représentatif (plus de 5 000 molécules isolées), et le représentant le plus connu est « flavonoïde »(**Hennebelle et al., 2004**).

Les polyphénols sont les produits du métabolisme secondaire des plantes et sont omniprésents dans tous les organes de la plante (**Boizot et Charpentier, 2006**).Ils proviennent de deux voies de synthèse principales : le shikimate et la voie acétate, sachant que les polyphénols naturels sont des molécules simples (comme les acides phénoliques) aux composés hautement polymérisés comme les tanins (**Lugaciet al., 2003 ; Chira et al., 2008**).

Ces composés montrent une grande diversité de structure à partir de molécules simples (acide férulique, vanilline, acide gallique et caféique) qui pourrait exercer plusieurs activités biologiques, notamment des propriétés antioxydante, antiallergique, anti-inflammatoire (antibactérienne), antidiabétique, anticarcinogénique, anti-thrombotique, cardioprotective et vasodilatatoire et même anti-tumorale (figure2) ; Et la plupart des composés phénoliques communs dans les plantes peuvent être classés en acides phénoliques, les flavonoïdes et les tanins (**Ksouriet al., 2007; Huyutet al., 2017**).Ils forment le groupe des composés photochimiques le plus important des plantes(**Beta et al.,2005**).

a. Acides phénoliques

Les acides phénoliques sont une classe majeure des composés phénoliques largement répandus dans le règne végétal, contenant la fonction hydroxyle située sur l'anneau de benzène aromatique avec un ou plusieurs groupes acides carboxylique. Les acides phénoliques peuvent être divisés en deux classes principales : Les acides hydroxy benzoïques et les acides hydro cinnamiques(**Hung et al., 2010**)

L'activité antioxydante des acides phénoliques et leurs esters dépend du nombre de fonction d'hydroxyle dans la molécule, qui serait renforcée par une entrave stérique. Les acides cinnamiques hydroxylés se sont révélés plus efficaces que leurs homologues de l'acide benzoïque (**Shahidiet al., 1992**).

b. Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont une grande famille polyphénolique dérivés des métabolites secondaires, qui constituent des pigments responsables des colorations jaune, orange et rouge de différents organes végétaux et donnent la saveur aux fruits et légumes. Ces composés généralement comprennent 15 atomes de carbone, leur squelette contient deux cycles benzène aromatique A et C chimiquement liés par l'intermédiaire d'un noyau pyranne hétérocyclique. Les flavonoïdes sont classés principalement en flavones, flavanols, flavanones, les flavanols, les anthocyanidines et les isoflavones(**Al- Alawiet al., 2017**).

c. Tanins

Les tanins sont définis comme des composés phénoliques hydrosolubles ayant un poids moléculaire compris entre 500 et 3000 D, ils contiennent un grand nombre de groupe hydroxyle ou d'autres groupes fonctionnels. Les tanins peuvent être classés en deux catégories (**Chung et al., 1998**) :

- **Tanins hydrolysables** : Contiennent un noyau central d'alcool polyhydrique tel que le glucose et les groupes hydroxyles qui sont estérifiés partiellement ou totalement par l'acide gallique ou l'acide hexahydroxydiphénique(**Macakovaet al., 2014**)
- **Tanins condensés ou pronthocyanidines**: Sont structurellement plus complexes que les tanins hydrolysables, ayants une masse moléculaire plus importante se sont les plus actives. Ils sont résistants à l'hydrolyse et seul les attaques chimiques fortes et les traitements acides à chaux qui

permettent de les dégrader, ils sont largement distribués dans les fruits et légumes (**Macakova et al., 2014**).

La figure 1 ci-dessous présente les activités biologiques des polyphénols :

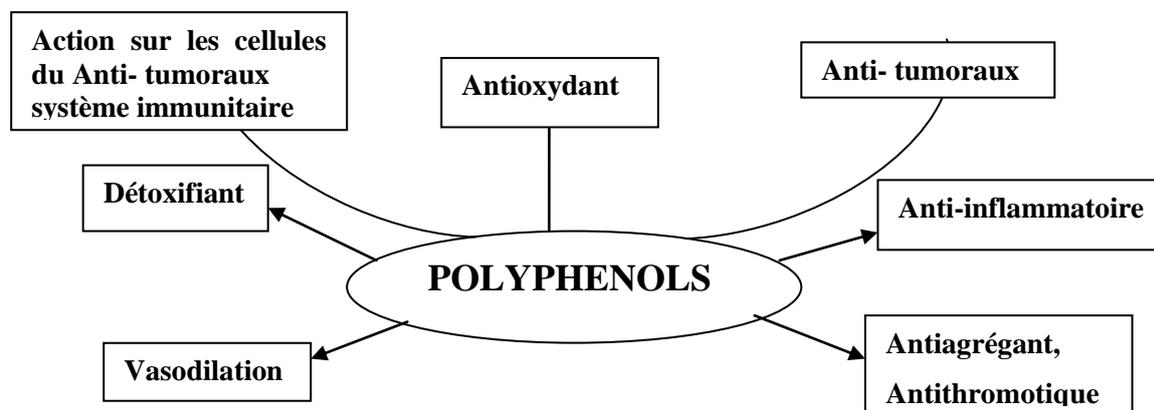


Figure 1 : Activités biologiques des polyphénols (**Middleton et al., 2000 ; ksouriet al.,2007**).

I.4. Stress oxydatif

I.4.1. Définition

Le stress oxydant est un syndrome résultant d'un déséquilibre entre les systèmes de défense antioxydants et la production de radicaux libres oxygénés. Ce déséquilibre peut avoir diverses origines : déficit nutritionnel en antioxydant, surproduction endogène d'origine inflammatoire, exposition environnementale à des facteurs pro-oxydants (**Favier,1994**).

L'oxydation entraîne la modification ou la perte de l'activité biologique de la molécule, provoquant des désorganisations cellulaires parfois irréversibles et entraînant ainsi la mort cellulaire (**Boyd et al.,2003**).

L'organisme possède une autre ligne de défense représentée par les piègeurs des radicaux libres (une molécule instable), qui sont des composés apportés par l'alimentation et dont le rôle est de neutraliser les effets toxiques des espèces oxygénées réactives limitant ainsi toute atteinte de l'intégrité cellulaire (**Helliwell,2011**).

I.4.2. Origine du stress oxydant

Les espèces réactives de l'oxygène (ERO) peuvent être produites soit de sources exogènes représentées par les facteurs environnementaux : les radiations UV, les réactifs chimiques, les solvants industriels, les herbicides et les pesticides (**Zadaket al., 2009**), soit par sources endogènes représentées par :

- **Respiration mitochondriale** : Source principale de la production cellulaire de l'anion superoxyde, dont la réduction de NADH déshydrogénase et la réduction partielle de l'ubiquinone soient les principales causes (**Roede et Jones, 2010**).

Aussi les peroxysomes, sources endogènes des ERO (H₂O₂) par la β-oxydation des acides gras(**Beckman et Ames, 1998 ; Gulcinet *al.*, 2006**).

- **Inflammation** : Au cours de laquelle les neutrophiles activés produisent l'anion superoxyde via l'action de la NADPH oxydase liée à la membrane sur l'oxygène moléculaire (**Rodrigo *et al.*, 2011**).

- Plusieurs systèmes enzymatiques produisent les ERO au cours des réactions biochimiques tel que le cytochrome P450 qui peut réduire directement O₂ en O₂•- (**Goeptaret *al.*, 1995**).

- Au cours du catabolisme des purines, la xanthine oxydoréductase catalyse l'hydroxylation oxydative de l'hypoxanthine en xanthine, ensuite la xanthine en acide urique et produire l'anion superoxyde (**Chan, 2003 ; Vorbachet *al.*, 2003**).

- Métaux toxiques (vanadium, cuivre, fer libre) qui en présence de H₂O₂ génèrent les radicaux HO•. Les métaux de transition (fer et cuivre) sont des cofacteurs essentiels aux enzymes, cependant leur forme libre (ions) dans les systèmes biologiques, facilite le transfert d'électrons aux macromolécules susceptibles (protéines, lipides et l'ADN)(**Zadaket *al.*, 2009**).

Matériel et Méthodes

Ce travail est d'enrichir l'huile de soja par l'extrait phénoliques des pépins de raisin au niveau de l'organisme Cevital pour évaluer son effet antioxydant sur l'huile de soja.

I. Matériel végétal utilisé

I.1. Huile de soja

Huile de soja 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 au niveau de l'organisme d'accueil Cevital, 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).

I.2. Pépins de raisin

La matière végétale utilisée pour enrichir l'huile étudiée est les pépins de raisin. Ses derniers sont issus de la variété « Red globe » ont été procurés du marché de Bejaia en 2021. Les baies de raisin ont été lavées et coupées en deux pour récupérer les pépins. Ces derniers ont été séchés à l'ombre et à température ambiante. Ensuite, les pépins ont été broyés finement à l'aide d'un moulin à café (figure 2). La poudre obtenue a été ensuite conditionnée dans des bocaux et stockée à 4°C.

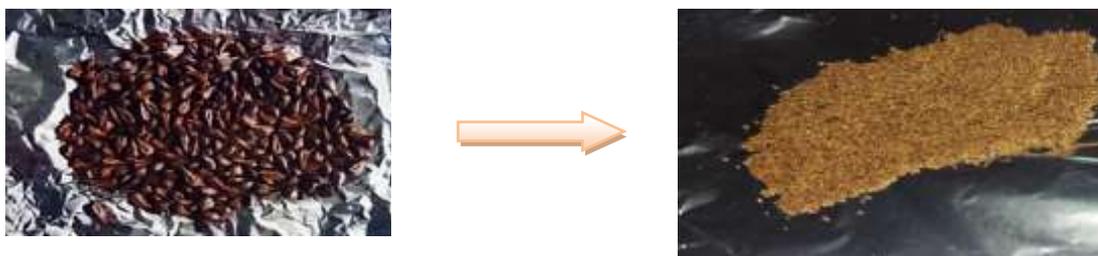


Figure 2: Préparation et traitement des pépins de raisin.

I.3. Pomme de terre

Notre friture a été réalisée avec de la pomme de terre qui a été procurée du marché. Notre choix est basé sur de la pomme de terre pour sa grande utilisation domestique et collective, sa composition simple riche en glucides (majoritaire en amidon) et faible teneur en protéine et lipides et pour son prix raisonnable et sa disponibilité sur le marché nationale.

II. Traitement et préparation de l'échantillon

II.1. Extraction des composés phénoliques

Pour extraire les composés phénoliques à partir des pépins de raisin, nous avons opté pour une extraction par macération conventionnelle à une température ambiante et par épuisement. Le protocole expérimental adopté est celui de **Chouguiet *al.* (2015)**.

10g de poudre sont macérés dans 100ml de solvant (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 extraction avec 50 ml du même solvant pendant 1 heure sous agitation.

Les deux filtrats sont rassemblés et le solvant est évaporé, à 80% environ, à l'aide d'une étuve à vapeur ventilée. L'extrait des pépins de raisin récupéré est ensuite lyophilisé (figure 3) et conservé dans un petit flacon en verre ombré à 4°C jusqu'à son utilisation.



Figure 3 : Poudre d'extrait phénolique des pépins de raisin après lyophilisation.

II.2. Enrichissement de l'huile de soja

L'enrichissement de l'huile a été effectué en utilisant cinq concentrations différentes de l'extrait phénoliques des pépins de raisin à $D1 < D2 < D3 < D4 < D5$.

Une quantité d'extrait lyophilisé des pépins de raisin est ajouté à 100g de l'huile de soja de façon à obtenir les concentrations désirées. Les échantillons sont mélangés à haute vitesse pendant 5 min à l'aide de l'appareil High Shear (figure 4) à 3000 tour/min pour une dissolution complète.



Figure 4 : Appareil High Shear (mélangeur à haute vitesse).

II.3. Détermination de la stabilité à l'oxydation ou test au Rancimat

La détermination de l'indice de stabilité oxydative (OSI) par Rancimat, est la méthode standard la plus utilisée lors de l'évaluation de la stabilité des corps gras aux conditions d'oxydation accélérées (Arain *et al.*, 2009 ; Velasco *et al.*, 2009 ; García-Moreno *et al.*, 2013 ; Pedro *et al.*, 2013).

Le principe du test consiste à vieillir prématurément les matières grasses par décomposition thermique à 98°C, sous un bullage intensif d'air. La détermination du Temps d'Induction au test Rancimat (TIR), exprimé en heures, permet d'évaluer le temps pendant lequel la matière grasse a résisté à un stress oxydatif : « La spécification de TIR » (Rahmani, 2007). L'ISO 6886 (2006), définit la période d'induction et la stabilité à l'oxydation comme suit:

- **Période d'induction** : C'est le temps écoulé entre le début de mesure et le moment où la formation de produits d'oxydation commence à augmenter rapidement.

- **Stabilité à l'oxydation** : C'est une période d'induction, exprimée en heures, par contre l'altération des huiles à 200°C entre dans la zone des points de fumée c'est pour cela que la température des fritures ne doit pas dépassée les 180°C et ne doit pas être inférieure à 160°C.

La stabilité à l'oxydation des échantillons a été réalisée selon la méthode décrite par **ISO 6886 (2006)**, en utilisant l'appareillage « Rancimat 743, Metrohm, Suisse » préalablement réglé (le bloc chauffant à 98°C et le débit d'air à 10 litres/heure). Les cellules de mesure ont été remplies avec 60 ml d'eau distillée, puis 3 g de chaque échantillon ont été déposés dans le flacon d'oxydation à l'air, muni de son couvercle hermétique, dans le bloc chauffant.

L'appareil de mesure de la stabilité à l'oxydation (figure 5) permet un calcul automatique de la période d'induction. Les résultats de la période d'induction sont obtenus par lecture des graphes enregistrés. Les résultats de la stabilité à l'oxydation pour les différentes concentrations utilisées (D1, D2, D3, D4 et D5), est exprimée en heures, seront ensuite comparés au témoin qui est l'huile de soja non enrichie (D0).

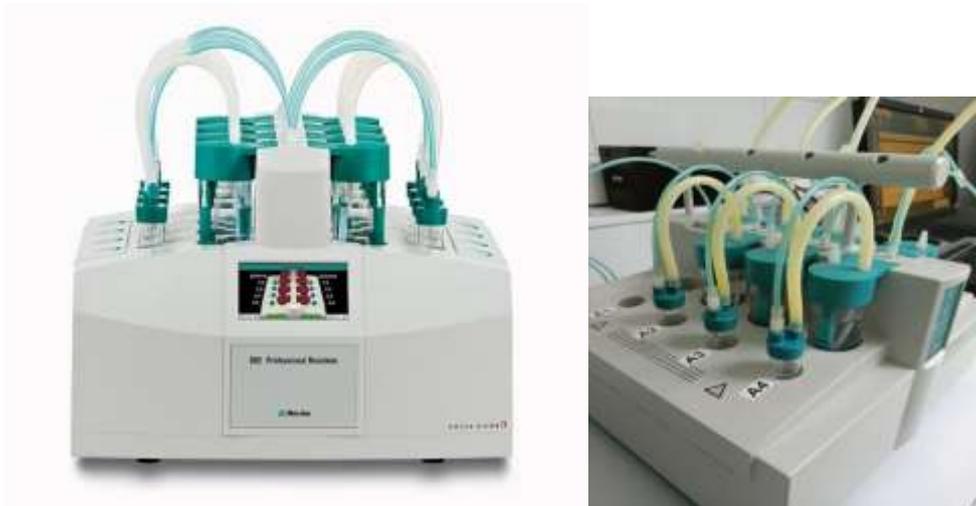


Figure 5 :Appareil de mesure de la stabilité à l'oxydation Rancimat.

II.4. Evaluation du pouvoir de piégeage du radical DPPH*

Le diphényle picryl-hydrazyle (DPPH*), un radical libre stable, violet en solution et présentant une absorbance caractéristique à 517nm. Cette couleur disparaît rapidement lorsque le DPPH* est réduit en diphényle picrylhydrazine par un composé à propriété anti-radicalaire, entraînant ainsi une décoloration (l'intensité de la coloration est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à donner des protons) (**Sanchez, 2002**).

On peut résumer la réaction de la manière suivante :



Où (AH)_n représente un composé capable de céder un hydrogène au radical DPPH* (violet) pour le transformer en diphényle picrylhydrazine (Jaune). Ceci permet de suivre la décoloration à 517nm. Les résultats sont exprimés pourcentage d'inhibition du radical DPPH* selon la formule suivante :

$$\text{I\%} = [(\text{Abs contrôle} - \text{Abs échantillon}) / \text{Abs contrôle}] \times 100$$

I% : Indice de pourcentage d'inhibition.

On a utilisé différentes concentration dans le but de déterminer les IC50 qui sont exprimée en mg/ml, correspondant à la concentration de l'extrait qui inhibe 50% du radical DPPH*, est obtenue graphiquement .

II.5. Procédure de friture

Les fritures ont été réalisés en trois séries de friture, une de l'échantillon d'huile témoin et deux autres de l'huile enrichie avec l'extrait phénolique des pépins de raisin, dont une série est réalisée sans aliment et l'autre avec aliment qui sont des frites (la pomme de terre soit coupée de sorte à avoir une dimension homogène).

La détérioration des huiles de fritures se traduit généralement par une augmentation de la polarité de ces huiles ; la teneur en composés polaires semble être un bon indicateur de la qualité des huiles de friture. La ou les Réglementations Européennes donne la limite légale des fractions polaires de 25%, une huile de friture qui dépasse cette valeur doit être renouvelée (**Vitrac et al.,2003**).

II.5.1. Friture sans aliment

Les fritures ont été effectuées en respectant les paramètres de friture adoptés sont : 5 min de cuisson à 180°C.

1000 ml d'huile ont été chauffés dans une poêle à une température qui de 180C° (figure6), mesurée par un thermomètre. 18 fritures ont été réalisées pendant 5min pour chaque friture. 8 échantillons de volume de 40ml sont prélevés à la 1ère, 5ème, 10ème, 15ème, 16ème, 17ème et 18ème friture et conservés au froid (4°C), dans des flacons en verre, dans l'attente des analyses.



Figure 6 : Friture sans aliment.

II.5.2. Friture avec aliment

1000ml d'huile enrichie ont été chauffés dans une poêle jusqu'à l'obtention d'une température de 180 C° (figure7). Ensuite, les frites ont été introduites d'une manière à avoir un rapport stable, pour chaque friture, de 1/10 (pomme de terre/huile ; g/g) .La friture a été stoppée après 5 min pour chaque friture. 18 fritures ont été réalisées au total. Après refroidissement, 8 échantillons de volume de 40ml sont prélevés à la 1ère, 5ème, 10ème, 15ème, 16ème, 17ème et 18ème friture et conservés au froid (4°C), dans des flacons dans l'attente des analyses.



Figure 7 : Friture avec aliment (la pomme de terre).

II.6. Détermination des paramètres physico-chimiques après friture

II.6.1. Détermination du taux des composés polaires

Les composés polaires sont des composés formés lorsque l'on chauffe des corps gras à des températures élevées (friture) (Caude, 1997).

Le pourcentage en ces composés a été mesuré à l'aide d'un appareil appelé Optify MIROIL (figure 8) selon le mode décrit par SARL Développement durable-France (2009).

La sonde de l'appareil est directement introduite dans l'échantillon de l'huile et la teneur en composés polaires est obtenue par lecture directe sur l'appareil. Les résultats sont exprimés en pourcentage.



Figure 8 : Appareil Optify MIROIL.

II.6.2. Détermination de la couleur

La mesure de la couleur de l'huile se fait par l'utilisation d'un « calorimètre Lovibond » (figure 9) qui est composé de deux séries de verres de couleur jaune et rouge, selon la méthode décrite par **ISO 15305 (1998)**.

Il consiste à comparer la couleur de la lumière transmise à travers l'huile dans une cuve à face parallèle, à la lumière provenant toujours de la même source transmise à travers des lames colorées standardisées. A l'aide d'une monoculaire les verres et l'échantillon sont éclairés par la réflexion sur un bloc de carbonate de magnésium d'une lampe de 6W.



Figure 9: Appareil calorimètre Lovibond.

L'échantillon à analyser a été mis dans une cellule à échantillon (5 pouces et $\frac{1}{4}$) puis la couleur est déterminée en faisant la comparaison avec les lames de la cellule standard.

Les valeurs de la couleur sont données comme suit : X J, Y R.

Où :

J : la couleur jaune.

R : la couleur rouge.

X, Y : les valeurs déterminés par Lovibond.

Résultats et discussion

I. Résultats de la stabilité à l'oxydation ou test au Rancimat

La stabilité à l'oxydation des échantillons étudiés a été évaluée en déterminant le temps d'induction. Les temps d'induction enregistrés par le test au Rancimat des différents échantillons de l'huile de soja enrichie, par addition d'extrait phénolique des pépins de raisin, à différentes concentrations : D1, D2, D3, D3, D4, D5 ainsi que l'huile de soja non enrichie D0 sont présentés dans le tableau III.

Tableau III : Résultats de la stabilité à l'oxydation ou test au Rancimat des échantillons étudiés.

Echantillon	HD0	HD1	HD2	HD3	HD4	HD5
Temps d'induction(h)	11,00	10,71	13,62	11,04	10,61	10,10

Les résultats des graphes enregistrés par l'appareil Rancimat qui représentent le temps d'induction(h) de nos 5 échantillons HD1, HD2 ,HD3,HD4,HD5, plus huile non enrichie HD0.

Le temps d'induction du témoin est de 11h, et pour (HD1, HD4 et HD5) nous avons enregistré un temps d'induction (10h)qui est inférieur au témoin ce qui indique un résultat peroxyde .

Tandis que pour (HD2 et HD3) nous avons enregistré un temps d'induction supérieur au témoin (11h) qui veut dire un résultat antioxydant.

On conclut que la meilleure concentration antioxydant est la D2 qui a amélioré la stabilité de l'huile qui résulte de l'épuisement total de la matière grasse parmi les cinq autres, car son temps d'induction est de 13,62h qui est le temps le plus long comparé au Témoin et aux autres ce qui indique un effet de conservation meilleur.

III. Activité anti-radical DPPH*

Le test DPPH* mesure la capacité de l'extrait à donner de l'hydrogène aux radicaux libres DPPH*,ce qui peut provoquer l'éclaircissement de la solution DPPH*. Plus l'effet de l'éclaircissement est important, plus l'activité antioxydante est élevée. Cela peut être bénéfique pour la conservation des aliments, des médicaments et des cosmétiques où les réactions en

chaîne induites par les radicaux libres peuvent entraîner une oxydation des lipides et une dégradation ultérieure du produit (**Dastmalchi et al., 2008**).

L'activité anti radicalaire des extraits phénoliques des pépins de raisin est exprimée en IC50 déterminée graphiquement à partir de la courbe réalisée par rapport aux pourcentages d'inhibition en fonction des concentrations d'extrait. La valeur de la IC50 présentée dans le graphique est exprimée comme suit :

D'après $Y=974,9X$, la concentration d'inhibition du DPPH* a 50% est de :
IC50= 19,5g/ml.

La IC50 est la concentration de l'extrait ayant un pourcentage d'inhibition du DPPH* de 50%. Elle permet de comparer entre l'activité des différents extraits, une faible IC50 est synonyme d'une activité anti radicalaire élevée.

D'après les résultats l'extrait de pépin de raisin présente une bonne capacité à piéger du radical DPPH*.

Les résultats de test DPPH* sont présentés en pourcentage d'inhibition de la valeur (0,0327g/ml), qui nous montre une capacité supérieure à inhiber le radical DPPH* avec une moyenne d'écart type de : $IND\%=39,24\pm 3,5\%$.

La neutralisation du radical a été attribuée par plusieurs auteurs à la présence de composés phénoliques qui cèdent facilement des protons pour le réduire (**Tepeet et al., 2007 ; Li et al., 2009 ; Nisha et al., 2009**).

IV. Étude de l'évolution de la qualité organoleptique de l'huile de soja au cours de la friture

L'évolution de la qualité organoleptique de l'huile de soja enrichie à D2, au cours de la friture avec et sans ajout d'aliment, a été étudiée. Nous nous sommes intéressées seulement à la 1ère, 5ème, 10ème, 15ème, 16ème, 17ème et 18ème friture.

Le tableau IV ci-dessus répertorie les paramètres organoleptiques de l'huile au cours de la friture avec et sans aliment plus le témoin :

Tableau IV : Paramètres organoleptiques de l'huile de soja au cours de friture.

Échantillons étudiés	Paramètres étudiés	Nombre de friture						
		F1	F5	F10	F15	F16	F17	F18
Sans Aliment	Couleur du bain	Doré	Doré	Doré	Doré foncée	Doré foncée	Doré foncée	Doré Foncée
	Fumée	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
	Odeur	CHS	CHS	CHS	CHSD	CHSD	CHSD	CHSD
	Projection d'huile	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
Avec Aliment	Couleur du bain	Doré	Doré	Doré	Doré foncée	Doré foncée	Doré foncée	Doré Foncée
	Fumée	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
	Odeur	CHS	CHS	CHSD	CHSD	CHSD	CHSD	CHSD
	Projection d'huile	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
Témoin	Couleur du bain	Doré	Doré	Doré foncée				
	Fumée	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
	Odeur	CHS	CHS	CHSD	CHSD	CHSD	CHSD	CHSD

	Projection d'huile	Non						
--	-----------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

CHS : Caractéristiques de l'huile de soja ; CHSD : Caractéristiques de l'huile de soja désagréables ; F1 : première friture ; F5 : 5eme friture ; F10 : 10eme friture ; F15 : 15eme friture ; F16; 16eme friture ; F17 : 17eme friture ; F18 : 18eme friture.

Les résultats indiquent que l'évolution de la couleur du bain n'est pas différente au cours des 18 fritures successives (figure 10, 11), pour les deux échantillons étudiés : D2 sans aliment et D2 avec aliment, mais elles sont meilleur par rapport au le témoin. En effet, une stabilité de la couleur a été enregistrée jusqu'à la 10eme friture, puis un changement de couleur est noté à partir de la 15eme friture, pour les huiles enrichies par contre l'huile non enrichie le changement de couleur a été remarque plus tôt.

Concernant les deux paramètres « fumée et projection d'huile », aucune différence n'a été trouvée pour tous les échantillons étudiés. Une stabilité des deux paramètres au cours des 18 fritures est observée ; pas de dégagement de fumée ni de projection d'huile durant tous les cycles de friture.

Quant à l'odeur, le changement de l'odeur caractéristique de l'huile de soja, a été remarquée à la 15eme friture pour l'échantillon de friture sans aliment et à la 10eme friture pour le témoin et l'échantillon de friture avec aliment.

Le retard de la détérioration du profil des critères physicochimiques de l'huile enrichie comparé à l'huile non enrichie au fil des fritures enchainés, résulte le déroulement des réactions thermo-oxydatives. Les composés phénoliques, diminuent avec le déroulement de la friture car ces composés mineurs sont extrêmement sensibles à la lumière et surtout aux températures élevées(Salta *et al.*, 2007).

L'ajout des extraits phénoliques des pépins de raisin ont aidé à protéger l'huile de la dégradation de l'activité antioxydante, cela indique que l'extrait phénolique des pépins de raisin de la variété Red Globa un effet retardataire sur l'oxydation de l'huile.

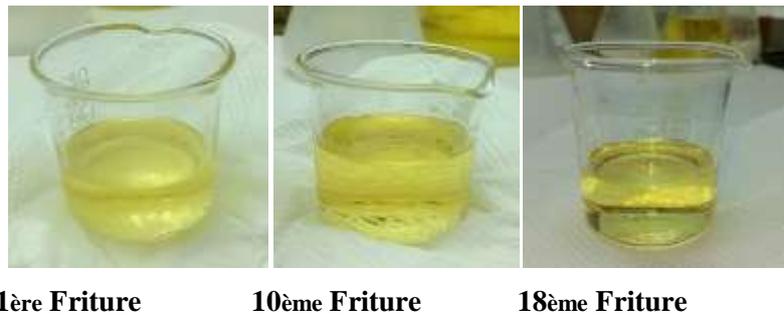


Figure 10 : Échantillons de l'huile durant la friture sans aliments.

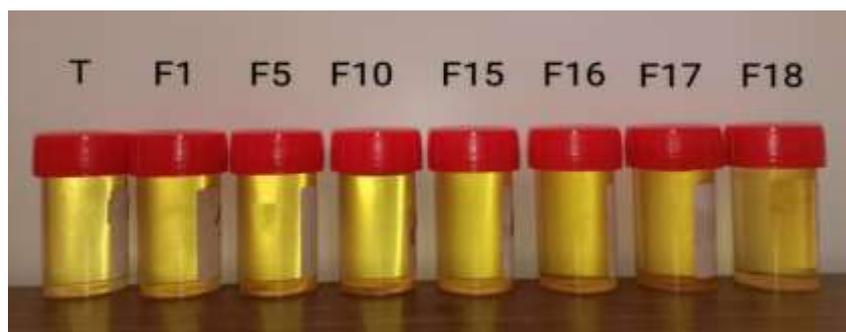


Figure 11 : Sept échantillons de l'huile de friture avec aliment plus le témoin.

V. Composés polaires

Les résultats de la figure 12 ci-dessus représentent les teneurs en composés polaires qui sont formés au cours des différentes fritures : Friture de l'huile non enrichie et friture avec et sans aliment de l'huile enrichie avec l'extrait phénolique des pépins de raisin.

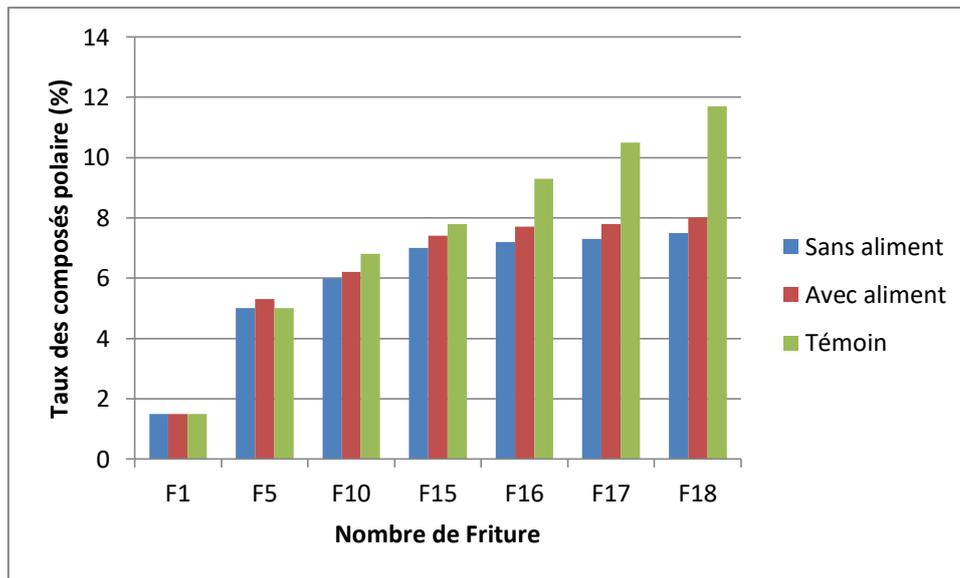


Figure 12: Teneurs en composés polaires de l'huile enrichie et non enrichie, formés au cours des différentes fritures, avec et sans aliment.

Les résultats obtenus révèlent que, le pourcentage des composés polaires augmente au fur et à mesure que le nombre de friture accroît dans tous les cas étudiés. Deux valeurs maximales sont notées pour l'huile non enrichie à la 18ème friture.

A la 1ère friture un enregistrement de 1,5% du taux de composés polaires pour les trois fritures. Au cours des 18 fritures successives, le taux des composés polaire augmente avec une vitesse différente, entre les trois échantillons, jusqu'à la valeur maximale à la 18ème friture avec un taux de 11,7% pour le témoin, suivie par 8% de composé polaire pour la friture avec aliment et enfin 7,5% pour la friture sans aliment.

Les composés polaires sont le résultat de la dégradation de la qualité des huiles de friture. Ils comprennent entre autres les acides gras libres, les mono et di-glycérides, les polymères de triglycérides (Décret n° 2008-184 du 28 février 2008), des substances polaires oxydées comme les acides gras oxydés. Ces résultats ont démontré l'efficacité de l'extrait phénolique des pépins de raisin dans la réduction des composés polaires dans l'huile de soja au cours des 18 fritures successives.

VI. Couleur de l'huile

Les dégradations des huiles de fritures se mesure par l'intensification de la couleur d'origine qui est un caractère de qualité, exprimée en termes d'unité rouge et jaune. (**Barrera-Arellano et al., 1997**).

La figure 13 ci dessus représentent l'évolution de la couleur en fonction du nombre de friture de l'huile non enrichie et de l'huile enrichie avec et sans aliments, chauffée à 180°C.

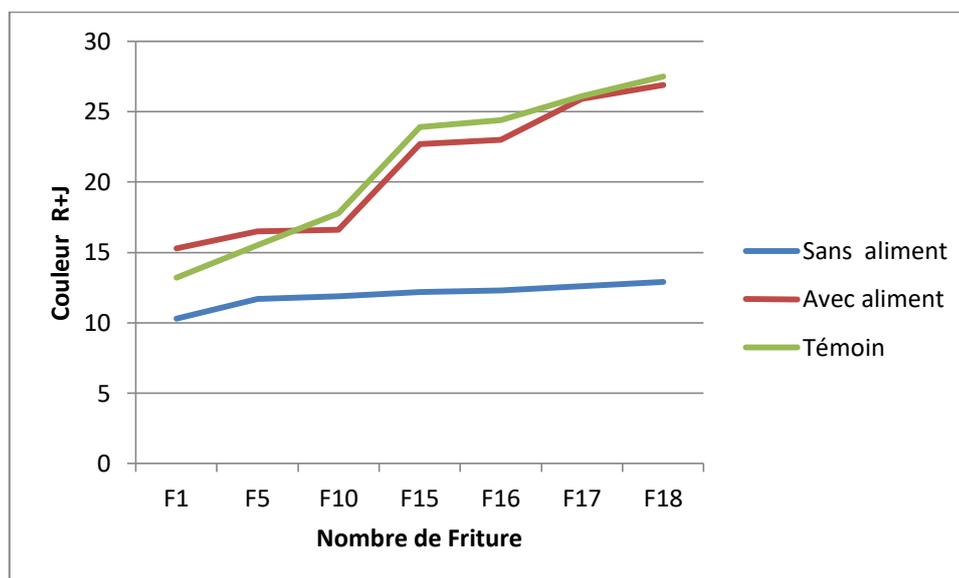


Figure 13 : L'évolution de la couleur Rouge + Jaune de l'huile de friture.

L'analyse des graphes montre que la couleur des huiles augmente successivement avec l'augmentation du nombre de friture. Les valeurs de la couleur du témoin augmentent exponentiellement comparant aux deux autres échantillons d'huile étudiés (avec et sans aliment), qui augmente modérément au fur et à mesure que le nombre de friture augmente, pour atteindre des valeurs maximales à la 18ème friture, pour la série sans aliment avec une valeur de 12,9, soit 26,9 pour la série avec aliment et de 27,5 pour le témoin.

L'intensification de la couleur des huiles alimentaires s'explique généralement par leur altération et tout changement de leur couleur pour le rouge ou le jaune, qui éclaire sur un changement de composition de l'huile soit par formation de polymères lors des réactions de polymérisation des produits d'oxydation, ou encore par co-oxydation des pigments. Ces réactions sont 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 de huile de friture peut être dû à la formation des substances appelées des mélanoides générées par la réaction de Maillard mais aussi de la décomposition des substances colorantes naturelles présentes dans l'huile. En comparaison aux limites fixées par la norme ISO 15305 : « R : 1,2 ; J : 12 », les valeurs maximales obtenues dans la présente étude, pour l'échantillon d'huile de friture avec aliment, démontre que la couleur est bien conservée.

Conclusion

Le sujet abordé dans ce mémoire s'inscrit sur l'enrichissement de l'huile de soja par l'extrait phénolique des pépins de raisin, comme antioxydant naturel qui peut être un moyen efficace pour retarder l'oxydation des lipides, qui affecte négativement la qualité organoleptique et physicochimique de l'huile.

Lors de la procédure de friture, plusieurs dégradations se produisent au niveau des acides gras, ainsi une dégradation de qualité nutritionnelle, pour l'huile frite et les aliments frits, à la présence d'oxygène et de chaleur, peut être induite.

Les résultats obtenus dans la présente investigation, montrent que l'enrichissement de l'huile de soja par l'extrait phénolique des pépins de raisin variété « Red Glob », a permis la conservation de la plupart des paramètres organoleptiques étudiés (la couleur, l'odeur, la fumée et la projection d'huile) au cours des fritures en comparaison avec l'huile de soja non enrichie.

D'autre part, l'enrichissement a permis la réduction des taux en composés polaires qui se forment lors de la friture en comparaison à l'huile de soja non enrichie dans les mêmes conditions.

A la lumière de ces, nous pouvons conclure que l'extrait phénolique des pépins de raisin a fait l'effet d'un pouvoir protecteur contre l'oxydation thermique, ce qui a renforcé sa stabilité oxydative au cours de la friture,

Sur la base de ces propriétés, il serait possible d'exploiter l'extrait phénolique des pépins de raisin pour formuler de nouveaux produits à utiliser dans l'industrie alimentaire comme antioxydants naturels et comme conservateurs naturels et dans l'étude pharmacologique ; Mais il est préférable de réaliser cette expérience avec l'huile d'extrait de pépins de raisin non avec la poudre d'extrait de pépins de raisin ; pour une homogénéité meilleure entre l'huile de soja et l'extrait d'huile qui est connu par sa concentration en composant riche et nutritive plus que la poudre.

Références bibliographiques

A

Al-Alawi R., Al-Mashiqri J.H., Al-Nadabi J. S.M., Al-Shihi B.I. et Baqi Y. (2017). Date palm tree (*Phoenix dactylifera* L.) : Natural Product and therapeutic options. *Frontiers in Plant Science*, 8 :840-845.

Adrian J., Potus J., Poiffat A. et Dauvillier P.(1998). Introduction à l'analyse nutritionnelle des denrées alimentaires , p38.

Amrani Joutei K., et Y. Glories(1994). Etude en conditions modèles de l'extractibilité des composés phénoliques des pellicules et des pépins de raisins rouges.*Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 28 :303-317.

Attia F. (2007).Effet de stress hydrique sur le comportement écophysiological et la maturité phénolique de la vigne *Vitis Vinifera*L:Etude de cinq cépages autochtones de Midi Pyrenees.Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques.Institut National Polytechnique de Toulouse, 13-29p.

B

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-Arellano 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*,48(4):231-235.

Beckman K.B. and Ames B. N. (1998). The Free radical theory of aging matures. *Physiological Reviews*, 78 (2): 547-581.

Bensal G., Zhou, W., Barlow , P.J., Joshi, P., Neo, F. L., et Lo, H. L. (2010).Evaluation of commercially available rapid test kits for the determination of oil quality in deep-frying operations . *Food chemistry*, 121 (2): 621-626.

Beta T., Nam S., Dexter J. E. and Sapirstein H.D. (2005). Phenolic content and antioxidant activity of pearled wheat and Roller-Milled fractions. *Cereal Chemistry*.82, 390-393.

Boizot N., & Charpentier, J. P. (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Cahier des Techniques de l'INRA*, 79-82.

BOUCHON P., 2009. Understanding Oil Absorption During Deep-fat Frying, *Advances in Food and Nutrition Research*, 57(5): 209-234.

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

Boyd B., Ford C., Koepke M.C., Gary K., Horn E., Macanalley S. and Macanalley B. (2003).Etude pilote ouverte de l'effet anioxydant d'ambrotose AOTM sur des personnes en bonne santé.*Glycoscience et nutrition*, vol.4,n.6,7p.

C

Cabanis J C., Cabanis M. T., Cheynier V., Teissedre P. L. 1998. Caractérisation de lamatière première et des produits élaborés. Dans : *OEnologie : fondements scientifiques et technologiques*.EdsFlanzy, C., Lavoisier, Tec & Doc, Paris, pp 291-336.

Cadot Y., Miñana-Castelló M. T., Chevalier M. 2006.Histochemical changes in grape seeds from *Vitis vinifera L.* cv Cabernet franc during fruit development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 9206-9215.

Cabanis J., C., Cabanis M., T., Cheynier V., Teissedre, P. L. 1998. Caractérisation de la matière première et des produits élaborés. Dans : OEnologie : fondements scientifiques et technologiques. EdsFlanzy, C., Lavoisier, Tec & Doc, Paris, pp 291-336.

Chan K.,L. (2003). Role of nitric oxide in ischemia and reperfusion njury. Current Medicinal Chemistry, 1:1-13.

Chira K., Suh J.H., Saucier C. et Teissédre P.L. 2008. Les polyphénols du raisin.Phytothérapie. 6:75 –82.

ChekrounN. (2013). Détermination de la capacité antioxydante des huiles végétales: Huile Afia.

CheftelJ.,C et Cheftel H. (1992).Graissenet huiles . In : introduction a la biochimie et a la technologie des aliments .Tomel .Ed Tec et Doc, Lavoisier , 243 -266.

Chung K T., Wong T Y., Wei C I., Huang Y W. and Lin Y. 1998. Tannins and Human Heath : A review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 38(6) : 421–464.

Combe N., et A.Rossignol-Castera.(2010).Huiles Végétales et fritures . Cahiers de Nutrition et de Diététique 45(6) ,125-132.

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

Cossut J., Defrenne B., Desmedt C., Erroul S., Garnet S., Humber S., RoelstraeteL.Vanuxeem M. and Vidal D. 2002. Les Corps Gras : Entre Tradition et Modernité.

Combe N., and Rossignol Castera A .2010. Huiles végétales et fritures. Cahiers de nutrition et diététique.,45 :544-551.

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.

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

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

Dastmalchi K., Dorman, H. D., Oinonen, P. P., Darwis, Y., Laakso, I., &Hiltunen, R. (2008). Chemical composition and in vitro antioxidative activity of a lemon balm (*Melissa officinalis* L.) extract. *LWT-Food Science and Technology*, 41(3), 391-400.

Denise J.(1992). Raffinage des corps gras. In : "Manuel des corps gras ", Paris. ISBN : - 85206- 662-9. P. 789- 88.

Demelin E. 2012.Le raisin et ses applications thérapeutiques. Thèse de Doctorat. Université de Limoges, Faculté de Pharmacie, 109 p.

E

Etchebarne F (2008) .Influence du régime hydrique de la vigne et du rapport feuilles-fruits sur la composition minérale , et sur le bilan en sucres et en eau de la baie cv.Grenache Noir (*Vitis vinefera*L .Thèse de Doctorat de l'école doctorale :Centre International d'études Supérieurs en Sciences Agronomiques de Montpellier,19p.

F

Farag A.M., Skaar D., Nimick DA., MacConnell E., et Hogstrand C. 2003.Characterizing aquatic health using salmonid mortality, physiology, and biomass estimates in streams with elevated concentrations of arsenic, cadmium, copper, lead, and zinc in the Boulder River watershed, Montana. Transactions of the American Fisheries Society. 132:450-467.

Favier A. (2003). Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. L'actualité chimique, 5: 108-115.

François R. 1974.Les industries des corps gras : biochimie - extraction –raffinage nuisances et réglementation. Edition : Tec et Doc- Lavoisier.

G

Garcia-jares C., Vazquez A., Lamas J. P., Pajaro M., Alvarez-Casas M. et Lora M. 2015. Antioxidant white grape seed phenolic pressurized liquid extracts from different varieties. *antioxydants*, 4: 737-749.

Gertz C., Klostermann, S., & Kochhar, S. P. 2000. Testing and comparing oxidative stability of vegetable oil and fats at frying temperature. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102, 543-551.

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

Gordon M.H. 1990. The mechanism of antioxidant in vitro. In: Hudson B.J.F.(ed) *Food antioxidants*. Elsevier Applied Science, London.

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.

Goeptar A.R., Scheerens H. and Vermeulen N. P. (1995). Oxygen and xenobiotic reductase activities of cytochrome P450. *Critical Reviews in Toxicology*, 25: 25-65.

Gülçin I. Mshvildadze V. Gepdiremen A. and Elias R. (2006). The antioxidant activity of a triterpenoid glycoside isolated from the berries of *Hedera colchica*: 3-O-(β -D glucopyranosyl)-hederagenin. *Phytotherapy Research*, 20: 130-134.

Guendez R., Kallithraka S., Makris D. P. and Kefalas P. (2005). Determination of low molecular weight polyphenolic constituents in grape (*Vitis vinifera* sp.) seed extracts: Correlation with antiradical activity. *Food Chemistry*, 89, 1-9.

H

Halliwel B., Clement M.V. and Long L.H. (2000). Hydrogen peroxyde in the human body. *Federation of European Biochemical Society* 486: 10-13.

Hennebelle T., Sahpaz, S., & Bailleul, F. (2004). Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie*, 2(1), 3-6.

Hung W Y., Cai Y Z. and Zhang Y. 2010. Natural phenolic compounds from medicinal herbs and dietary plants : Potential use for cancer prevention. *Nutrition and Cancer*, 62(1) : 1– 20.

Huglin P. (1986). Biologie et Ecologie de la vigne, Ed Payot Lausanne. Paris. 371 p.

Huyut Z., Beydemir F U. and Gülçin E. 2017. Antioxidant and antiradical properties of selected flavonoids and phenolic compounds. *Biochemistry research international*, 7616791 : 1- 10.

K

Kennedy J.A. (2002). Understanding grape berry development. *Practical Winery & Vineyard Journal*, 1 –5.

Ksouri R., Megdiche W., Debez A., Falleh H., Grignon C. and Abdelly C. (2007). Salinity effect on polyphenol content and antioxidant activities in leaves of the halophyte *Cakile maritime*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 45, 244-249.

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. pp22,23.

Lecerf J.-M. 2011. Vegetable oils: Particularities and usefulness. *Médecine des maladies Métaboliques*, 5(3): pp. 257-262.

Lugasi A. (2003). The role of antioxidant phytonutrients in the prevention of diseases. *Acta biologica szegediensis*, 47(1-4), 119-125.

M

Macheix and al., (2006). Les polyphénols en agroalimentaire, *Lavoisier* 1-28.

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

Marche C. (2006). Identification et caractérisation fonctionnelle d'un gène codant un facteur de transcription de type WRKY chez la vigne, VvWRKY1. implication dans les mécanismes de défense

.Thèse de Doctorat en sciences du Vivant , Géosciences,Sciencesde l'environnement.Université Bordeaux1.1-3p.

MagnierL.,(1991).Utilisation des sous produits de la vigne dans l'alimentation animale .laboratoire de recherche de la chaire de zootechnie . E.N.S.S.A.A.-I.N.R.A.Dijon,France .

Middleton E.Jr., Kandaswami C. and Theoharides T.C. (2000).The effects of plant flavonoids onmammalian cells: implications for inflammation, heart disease, and cancer. *Pharmacological Reviews*, 52(4), 673-751.

MOHTADJI LAMBOLLAIS.et CORINE (1989). Les corps gras.

N

Nayak P K., Dash U M A., Rayaguru K. and Krishnan K R. 2016. PHYSIO-CHEMICAL CHANGES DURING REPEATED FRYING OF COOKED OIL. *Jornal of food biochemistry*, 40: 371–390.

P

Platon J F. 1988. Raffinage de l'huile de soja. *American soy bean association*, 19 : 3-30.

Pokorny, J .(2003). Problème de stabilité des produits alimentaires liés à la présence des lipides .*Lipides et corps gras alimentaires* ,p60-63.

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

Pedro et al., 2013 ; Velasco et al., 2009 ; Arain et al., 2009 ; García-Moreno et al., 2013.

R

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

Rice-Evans. 1996. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolicacids. *Free Radical Biol Med* 20:933–956.

Rodrigo R., Miranda A. and Vergara L. (2011). Modulation of endogenous antioxidant system by wine polyphenols in human disease. *ClinicaChimica Acta*, 412: 410-424.

Roede J.R and Jones D.P. (2010). Reactive species and mitochondrial dysfunction: mechanistic significance of 4-hydroxynonenal. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 51: 380-390.

Rojas Gonzales.,2007. Impact de l'operation de friture du plantain « barraganete » sur differents marqueurs nutritionnels : caractérisationet modélisation , Agro Paris Tec et Doc , p56.

S

Sahin F., Güllüce, M., Daferera, D., Sökmen, A., Sökmen, M., Polissiou, M., Özer,H.2004.Biological activities of the essential oils and methanol extract of *Origanumvulgare* ssp. *vulgare* in the Eastern Anatolia region of Turkey. *Food control*, 15(7), 549-557.

SaguyI.S.,UF-Heil.G.et Livings , S.(1998).Oil uptake fat frying .*Oléagineux-corp gras-lipides*,1(5), p30-35.

Sanchez Moreno C., (2002). Methods used to evaluate the free radical scavenging activityin foods and biological systems. *Food science and technology international*, 8(3), 121-137.

Salta F., Mylona A., Chiou A., Boskou Gand Andrikopoulos N., 2007. Oxidative Stability of Edible Vegetable Oils Enriched in Polyphenols with olive Leaf Extract. *Food Sci Technol Int*, 13:412-420.

Shahidi F., Janitha P K. and Wanasundara P D. 1992. Phenolic Antioxidants. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 32(1) : 67–103.

T

Torres-gonzalez J D., Alvis-bermudez A., Gallo-garcia L A., Castellanos-galeano F. and Bouchon-aguirre P. 2018. Effect of Deep Fat Frying on the Mass Transfer and Color Changes of Arepa Con Huevo. 11(February).

Tsuzuki W., Matuoka, A., and Ushida, K. (2010) . Formation of trans fatty acids in edible oils during the frying and heating process. *Food chemistry*, 123(4), 976-982.

U

Udomkun P., Innawong B. and Sopa W. 2019. Can the Image Processing Technique Be Potentially Used to Evaluate Quality of Frying Oil? *Journal of Food Quality*. 2019.

V

Vorbach C., Harrison R. and Capecchi M. R. (2003). Xanthine oxidoreductase is central to the evolution and function of the innate immune system. *Trends in Immunology*, 24: 512-517.

Vitrac O., Trystran, G., et Raoult-walk, A.L. (2003). Procédé de fritures et produits frits. In *Graille, lipides et corps gras alimentaires*. Ed. Tec et Doc, Lavoisier, 231-267.

W

Wu P. et W. W. Nawar. 1986. A technique for monitoring the quality of used frying oils. *JAOCS*. n°10 Vol.63.

Winikler A.J., Cook J.A. Kliewer W.M. et Lider L.A (1974). *General Viticulture*. university of California Press, Berkley. P:67.

Z

Zadak Z., Hyspler R., Ticha A., Hronek M., Fikrova P., Rathouska J., Hrnčiarikova D. And Stetina R. (2009). Antioxidants and vitamins in clinical conditions. *Physiological Research*, 58: 13-17



Résumé

Ce travail est réalisé dans le but d'enrichir l'huile de soja raffinée avec l'extrait phénolique des pépins de raisin de la variété Red Glob. Des expériences de 18 fritures de 3 échantillons ont été réalisées ; L'un des échantillons est l'huile de soja non enrichie (témoin) et les deux autres sont l'huile enrichie sans et l'huile enrichie avec aliments (pomme de terre). La stabilité de l'huile, les propriétés organoleptiques et antioxydantes ont été évaluées.

Les résultats obtenus ont montré que l'enrichissement de l'huile de soja avec l'extrait phénolique des pépins de raisin, permet de prolonger la stabilité, des différents paramètres étudiés, de l'huile enrichie au cours des fritures successives, par rapport à l'huile témoin dans les mêmes conditions.

Mots clés : Huile de soja, enrichissement, extrait phénolique, pépins de raisin, friture, stabilité oxydative.

Abstract

This work is carried out with the aim of enriching refined soybean oil with the phenolic extract of the Red Glob grape seed variety. Experiments of 18 fryings of 3 samples were carried out, one is the frying with the control oil and the other two are the frying with the enriched oil, without and with food (potato).

The study of the frying oil was evaluated by organoleptic and physicochemical parameters.

The results obtained showed that the enrichment of soybean oil with the phenolic extract of grape seeds, allows to prolong the frying of the enriched oil compared to the control oil, and its oxidative quality is quite well preserved.

Keywords: Antioxidant, grape seed, frying, phenolic extract, enrichment, oxidative stability.