
Soumis le: 04/10/2019

Forme révisée acceptée le: 21/01/2021

Correspondant: meziani_samira@yahoo.fr



Revue
Nature et Technologie

<http://www.univ-chlef.dz/revuenatec>

ISSN : 1112-9778 – EISSN : 2437-0312

Inhibition de l'oxydation de l'huile de Tournesol produite en Algérie par les produits de Maillard

MEZIANI Samira^{a,*}, MENADI Noureddine^a, HAOUD Khadidja^a, MEHIDDA Hayet^a,
BENATTOUCHE Zouaoui^b, BENALI Mohammed^a

^a Laboratoire de Biotoxicologie, faculté des sciences de la nature et de la vie. Université Djillali-Liabès. Sidi Bel Abbès. Algérie

^b Laboratoire de Biochimie. Université de Mascara

Résumé

Depuis sa mise en évidence, la réaction de Maillard a été utilisée depuis de très nombreuses années pour produire des aliments qui paraissent attractifs pour les consommateurs ; elle peut conduire à la formation de couleur, favoriser la formation de saveurs agréables ou bien devenir rance et produire de composés antioxydants ou de composés toxiques. L'objectif de ce travail est de synthétiser les produits de Maillard, d'étudier le pouvoir antioxydant de ses produits dans la lutte contre l'oxydation des lipides dans l'huile de Tournesol, de contrôler l'évolution de l'oxydation produite lors de stockage et finalement de comparer l'effet des produits de synthèse obtenus par l'effet antioxydant de l'acide citrique. Pour ce, on a comparé l'effet protecteur de l'acide citrique et les produits de la réaction de Maillard, issus des solutions aqueuses Glucose/AC Aminé chauffées dans différentes conditions de température, de la durée et de la concentration des solutions. Le développement de la réaction de Maillard est évalué par spectrophotométrie à 420 nm. Nous avons remarqué que plus la couleur est importante et plus intense, plus la réaction est avancée. L'analyse de l'acidité et l'indice de peroxyde, nous a permis d'évaluer l'oxydation des lipides de l'huile additionnée de différents modèles de produits de Maillard. L'oxydation des lipides évolue différemment en fonction des couples Glucose/acide aminé (Substrats de Maillard), dont certains possèdent une activité antioxydante vis-à-vis des lipides dans les huiles végétales. Ainsi, le traitement appliqué à l'huile de tournesol, a provoqué une détérioration de haut niveau avec développement de la rancidité oxydante et ce qui met en relief l'avantage que peuvent présenter les produits de Maillard et élucident leur potentiel antioxydant. Des pertes significatives dans l'acide gras essentiel étaient également évidentes dans l'huile de tournesol soumise à un traitement thermique.

Mots-clés : Huile végétale ; Réaction de Maillard ; Capacité antioxydante ; Oxydation des lipides

Inhibition of Sunflower oil oxidation produced in Algeria by Maillard's products

Abstract

Since its discovery, The Maillard reaction was used since many years to produce foods which seem attractive to consumers; it can lead to the formation of colour, support the training of pleasant flavours or to become rancid and produce antioxidant compounds or toxic compounds. The aim of this work is to synthesize Maillard products, to study their antioxidant activity of against lipid oxidation of sunflower oil, and to control the evolution of oxidation during storage and compare the effect of synthetic products by the antioxidant effect of citric acid. We compare the protective effect of the citric acid with Maillard reaction products, resulting from the aqueous solutions Glucose/Amino acid heated under various conditions of temperature, Aw, incubation time and the concentration of the solutions used. The development of the reaction of Maillard was evaluated by spectrophotometry at 420 nm. Thus, the more important the colour is and more intense, plus the reaction is advanced. The analysis of acidity and the peroxide index, enabled us to evaluate the oxidation of the lipids of the oil added with different model of the Maillard products. It seems that the lipid oxidation products evolution depends on the Glucose/amino acid couples/ (Substrates of Maillard), in which some may exhibit antioxidant activity on lipid oxidation in vegetable oils. The treatment applied to sunflower oil, has caused a deterioration of high level with development of oxidative rancidity and allow in relief the advantage that can present the products of Maillard and elucidate their antioxidant potential. Significant losses in the essential fatty acid were also evident in sunflower oil subjected to heat treatment.

Keywords: Vegetable oil; Reaction of Maillard; antioxidant Capacity; Oxidation of the lipids.



Ceci est un document en libre accès selon les termes de [Creative Commons Attribution License CC-BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), ce qui permet de le partager, copier, reproduire, distribuer, communiquer, réutiliser ou de l'adapter avec l'obligation de créditer son auteur.

1. Introduction

Les huiles végétales jouent un rôle essentiel dans notre alimentation. Elles assurent tout d'abord une fonction nutritionnelle : elles contribuent à l'apport d'énergie, sont sources d'acides gras indispensables, en particulier d'acide linoléique (et participent à l'apport et au transport de vitamines liposolubles (dont E, D) et d'autres constituants d'intérêt nutritionnel comme des phytostérols ou des composés phénoliques [1]. Le principal type d'huile à l'échelle mondiale est l'huile de tournesol, représentent 80 % de la production mondiale dont une teneur élevée en acides gras mais sensibles à l'oxydation [2]. L'huile de tournesol est une huile comestible de haute qualité, il présente un bon profil nutritionnel, avec une mauvaise stabilité à l'oxydation et est donc sujet à une détérioration des arômes en raison de leur forte proportion d'acides gras insaturés, en particulier l'acide linoléique [3]. Il est utilisé dans la cuisson, la friture et dans la fabrication de la margarine. L'huile de tournesol a été choisie dans cette étude en raison de son utilisation élevée dans les aliments, car il est une riche source d'acide linoléique [4]. De plus, il présente un goût et une apparence légers et présente une teneur élevée en vitamine E par rapport aux autres huiles végétales [5]. L'oxydation des lipides est responsable d'une diminution progressive nutritionnelle et sensorielle des lipides [6]. L'oxydation des acides gras non saturés est l'une des principales causes du développement de composés non aromatisants et de la réduction de la valeur nutritive des produits alimentaires [7]. L'huile de Tournesol, comme la plupart des huiles végétales, se compose de triacylglycérols (98-99%) et une faible fraction de phospholipides, tocophérols, caroténoïdes, stérols, et des cires. Elle se caractérise par une forte concentration d'acide linoléique, suivie d'acide oléique [8]. L'oxydation des lipides (dans les aliments de nature lipidique), constitue toujours un risque majeur et un problème répandu dans les industries agro-alimentaires, pour la conservation de ces aliments, que ce soit pendant le transport pour la commercialisation ou au cours du stockage de ces derniers obtenus pendant une période (grasse) pour les utiliser en période (maigre). Les antioxydants naturels et synthétiques sont utilisés pour retarder la détérioration oxydative des lipides surtout des huiles végétales raffinées sensibles à l'oxydation [9].

En ce sens différents travaux rapportent, très récemment que la réaction de Maillard (RM) qui contribue à l'arôme appréciable de nombreux produits alimentaires, a la particularité avantageuse d'être source de produits munis d'un pouvoir antioxydants vis-à-vis des lipides. Sa capacité de former des composés antioxydants et antimicrobiens d'un côté et d'un autre côté, les produits de la réaction de Maillard (PRM) comporteraient des composés susceptibles d'être mutagènes ou cancérigènes à forte dose [10]. Ces produits confèrent aux aliments des propriétés, le plus souvent intéressantes, telles que la couleur, l'arôme, la valeur nutritionnelle, et une certaine stabilité au cours de la conservation grâce à leur pouvoir antioxydant [11]. En réalité, L'auto-oxydation lipidique et le stockage non adéquat favorisent la détérioration et la réduction des de la durée de conservation des huiles végétales, entraînant ainsi des changements organoleptiques (couleur, texture, odeur et des pertes de saveur) et certains composés tel que les vitamines [12]. La réaction de Maillard est un ensemble complexe de réactions se produisant lors du chauffage et initiée par l'addition d'une fonction amine sur une fonction carbonyle. Cet ensemble de réactions, appelé encore « brunissement non-enzymatique », conduit à la formation d'une multitude de composés aux propriétés aromatiques et colorantes. Ce phénomène, influencé par un certain paramètre tel que, la teneur en eau, le pH, la concentration des réactifs, la température et le temps de chauffage peuvent avoir des effets néfastes notamment sur la qualité nutritionnelle de l'huile au cours de leur stockage [13]. Ce travail a pour objectif de synthétiser d'abord les produits de Maillard, d'étudier ensuite le pouvoir antioxydant de ses produits dans la lutte contre l'oxydation des lipides de l'huile de Tournesol, de contrôler l'évolution de l'oxydation produite lors de stockage et enfin de comparer l'effet des produits de synthèse par l'effet antioxydant de l'acide citrique.

2. Matériel et Méthodes

L'huile végétale raffinée commerciale issue des graines de Tournesol à 100 (%), est traitée technologiquement à l'unité de Sig (Filière de l'Entreprise Nationale des Corps Gras ENCG à Mascara, Algérie. L'objectif de cette première étape est de mettre en évidence le pouvoir antioxydant des produits de la

réaction de Maillard issus de plusieurs modèles ose/acide aminé, en remplacement de l'acide citrique utilisé à l'industrie. Pour réaliser ce travail, nous étions amenés à la synthèse de mélanges selon les Modèles (ose/acide aminé) en suivant certaines conditions (température, pH et temps). Ces modèles ont été choisis selon la nature et la fonction des acides aminés : Glycine (Gly), valine (Val), histidine (His), tryptophane (Trp), lysine (Lys), cystéine (Cys), acide aspartique (Asp) et le sucre réducteur (glucose). L'avancement de la réaction s'effectue par la mesure de densité optique. Les produits synthétisés dans des conditions favorables au déroulement de la réaction de Maillard sont destinés pour l'inhibition de l'oxydation de l'huile de Tournesol utilisée sans antioxydant en comparant cet effet par l'effet inhibiteur de l'acide citrique.

2.1. Les différents modèles des produits de la réaction de Maillard

Toutes les manipulations ont été effectués au niveau de laboratoire de Biochimie du Département de Biologie à l'Université de Sidi Bel Abbés. Algérie. Dans la première étape on contribue à la synthèse des produits de la réaction de Maillard, Selon la disponibilité des acides aminés, on a pu effectuer 07 Modèles de la synthèse de Maillard pour notre étude. Ces Modèles ont été obtenus par la combinaison des acides aminés avec le sucre réducteur (Glucose) dans des conditions favorables à cette réaction. Modèle 1 : Glucose/Glycine. Modèle 2 : Glucose/Valine. Modèle 3 : Glucose/Histidine. Modèle 4 : Glucose/Tryptophane. Modèle 5 : Glucose/Lysine. Modèle 6 : Glucose/Cystéine. Modèle 7 : Glucose/Ac Aspartique. La nature et les fonctions des acides aminés utilisés pour chaque modèle peuvent entraîner la synthèse des différents produits de Maillard (différents prémélanoidines).

2.2. Méthode de synthèse des produits de la réaction de Maillard

Le choix de la quantité des produits obtenus est basé sur des essais préliminaires dans lesquels nous avons utilisé plusieurs doses pour maintenir les conditions favorables au déroulement de la réaction. Dans la première étape, On prépare pour chaque modèle, de même volume des quantités équimoléculaires d'un

mélange composé de 0,1 mole de glucose et de l'acide aminé. Une solution tampon de pH 8est ajoutée afin d'assurer l'activité optimale pour le déroulement de la réaction de Maillard ($a_w = 0.7$). Placer les échantillons dans l'étuve à 120 °C pendant 120 mn. Pendant ce temps, l'avancement de la réaction de Maillard a était évalué par la mesure du pH, mesure de l'absorbances à 420 nm et par la détection de la couleur pour chaque Modèle en fonction du temps, à partir de 30 mn et pendant 120 mn. La réaction est beaucoup plus rapide à 120 °C. L'élévation de température est donc favorable à la réaction de Maillard. Selon une étude de [15], La réaction peut avoir lieu entre 0 et 150 °C, La vitesse du brunissement non enzymatique est au maximum à une activité de l'eau comprise entre 0.55 et 0.75 et le pH est de 6 à 8 pour la condensation de Maillard. Après un séchage à 120 °C pendant 120 mn, les échantillons sont ensuite refroidis. Dans la deuxième étape on mesure la densité optique de chaque modèle dilué à 1/10 effectués dans un intervalle de longueurs d'onde de 400 à 500 nm, afin de qualifier les produits de Maillard.

2.3. Préparation des échantillons

Les produits synthétisés dans des conditions favorables au déroulement de la réaction de Maillard sont destinés pour l'inhibition de l'oxydation de l'huile de Tournesol utilisée sans antioxydant. Un volume de 2 ml qui a été estimé d'une solution de chaque modèle dans 1 litre d'huile de Tournesol sans antioxydant. Les échantillons sont présentés comme suite :

- Échantillon A : Huile ajouté du produit de Maillard issus du modèle 1 ;
- Échantillon B : Huile ajouté du produit de Maillard issus du modèle 2 ;
- Échantillon C : Huile ajouté du produit de Maillard issus du modèle 3 ;
- Échantillon D : Huile ajouté du produit de Maillard issus du modèle 4 ;
- Échantillon E : Huile ajouté du produit de Maillard issus du modèle 5 ;
- Échantillon F : Huile ajouté du produit de Maillard issus du modèle 6 ;
- Échantillon G : Huile ajouté du produit de Maillard issus du modèle 7.

En favorisant les conditions expérimentales pour déclencher l'oxydation des lipides (l'air, la lumière et la

chaleur à 150 °C), les échantillons ont été homogénéisés pendant 10 min, refroidi et sont soumis à être analysés. Au cours de stockage de l'huile, la mesure des indices a été réalisée tous les sept jours pendant 21 jours afin de poursuivre l'évolution de l'huile.

2.4. Détermination des paramètres chimiques

La valeur de peroxyde a été estimée iodométriquement utilisant du thiosulfate de sodium et exprimé selon Afnor des corps gras et graines oléagineuses qui est de 5 milliéquivalents d'O₂ actif/kg, (1988). L'indice d'acide a été étudié par Titrage alcalimétrique et exprimé en mg KOH.g⁻¹ d'huile (AOCS Official Method Cd 3d-63 1993).

3. Résultats

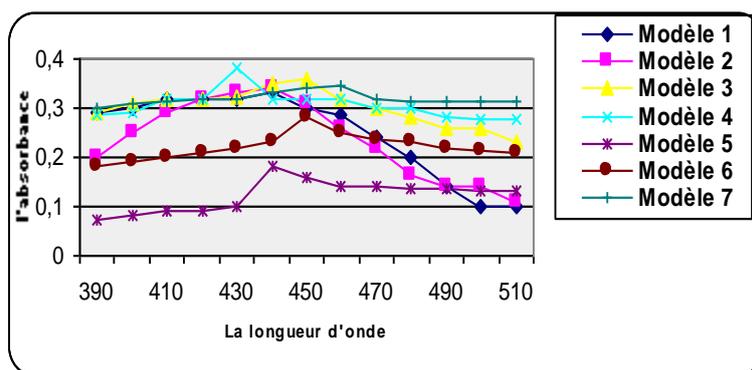
3.1. La synthèse des produits de la réaction de Maillard

Pendant le déroulement et au stade final de la réaction, nous observons que les Modèles (01, 02, 03, 07) représentent une couleur brune peu intense, un arôme proche du caramel et à l'apparition de composés insolubles qui peuvent être des mélanoidines caractéristiques de la réaction de Maillard. La couleur des produits issus du modèle (Glucose/Lysine) est plus intense, Cette caractéristique est spécifique pour ce type

de réaction de brunissement non enzymatique. Plus elle est importante, plus la réaction est avancée. Les produits de la réaction issus des modèles (Glucose/Ac Aspartique) et le (Glucose/Cystéine) présentent une couleur orange moins intense.

3.2. L'analyse qualitative des produits de la réaction de Maillard

Les produits issus du modèle Glucose/Lysine et du modèle Glucose/tryptophane enregistrent des densités optiques respectivement, de 0,38 et 0,36 à des longueurs respectives de 430 et 470 nm. Ces valeurs sont considérées comme des densités optiques élevées et remarquables. La densité optique du modèle Glucose/Histidine est moins élevée qui est de l'ordre de 0,345 à la longueur d'onde 460 nm suivie par le modèle Glucose/Valine qui enregistre une absorbance de 0,34 à la longueur d'onde 440 nm puis par le modèle Glucose/glycine qui enregistre à 440 nm, une absorbance de l'ordre 0,33. Par contre la densité optique du modèle Glucose/cystine affiche une valeur de 0,28 à une longueur d'onde 450 nm suivi par le Modèle Glucose/Ac aspartique qui enregistre une absorbance de 0,18 à une longueur d'onde 440 nm (Figure 2). La formation des substances aromatisantes dépendent de la nature des acides aminés entrant dans la réaction.



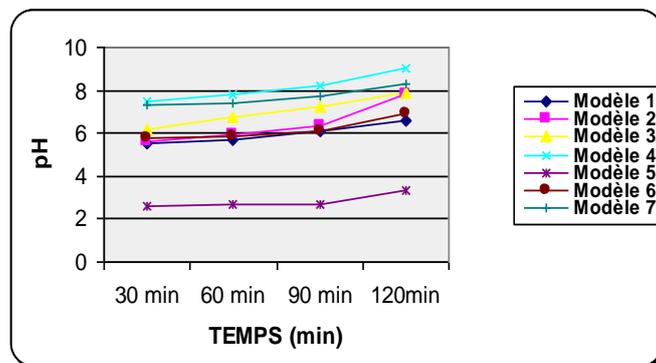
Modèle 1 : Glucose/Glycine ; Modèle 2 : Glucose/Valine ; Modèle 3 : Glucose/Tryptophane ;
Modèle 4 : Glucose/Lysine ; Modèle 5 : Glucose/Ac Aspartique ; Modèle 6 : Glucose/Cystéine ; Modèle 7 : Glucose/Histidine.

Figure 02 : Résultats de l'avancement des Produits de la réaction de Maillard en fonction des longueurs d'ondes.

3.3. L'analyse de pH

L'affichage de la forte valeur maximale en pH selon la (Figure 3) a été observé par le modèle Glucose/Lysine et qui est de l'ordre 9 à 120 mn. Par

contre les moindres valeurs en pH ont été remarquées par le modèle glucose/Ac Aspartique, et qui sont indiqués entre des pH 2,6 à 3,3.



Modèle 1 : Glucose/Glycine ; Modèle 2 : Glucose/Valine ; Modèle 3 : Glucose/Tryptophane ;
Modèle 4 : Glucose/Lysine ; Modèle 5 : Glucose/Ac Aspartique ; Modèle 6 : Glucose/Cystéine ; Modèle 7 : Glucose/Histidine.

Figure 03 : Résultats de l'analyse du pH des Différents Modèles en fonction de Temps.

3.4. Évaluation de l'indice d'acidité

Après un suivi effectué tous les 07 jours, les résultats révèlent au départ une augmentation progressive au cours de la conservation de l'huile. Après le 14^{ème} jours du stockage, l'acidité enregistre une diminution importante pour le témoin et pour les échantillons additionnés des modèles 1, 2, 3, 6, 7.

3.5. Évaluation de l'indice de peroxyde

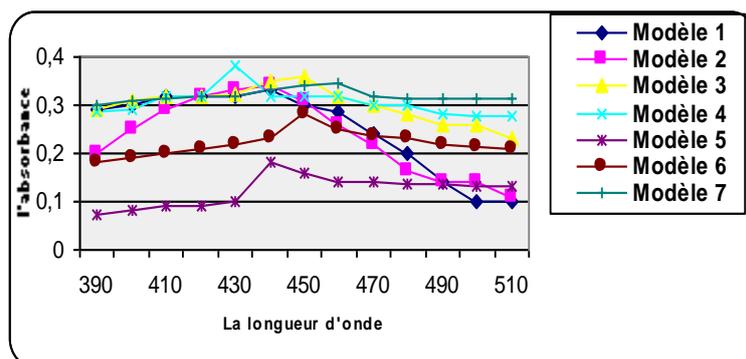
Les résultats illustrés dans la (Figure 04), montrent que dans le 1^{er} jour, que l'échantillon témoin présente un indice de peroxyde de 3,1 milliéquivalents d'O₂ actif/kg de l'huile. Cette valeur semble respectée par l'intervalle des normes exigées par AFNOR des corps gras et graines oléagineuses qui sont de 5 milliéquivalents d'O₂ actif/kg. Au départ, l'indice de peroxyde des échantillons de l'huile additionnée de produit de Maillard est presque similaire et ne diffère que légèrement par rapport au témoin, les valeurs sont aux normes et qui sont estimées entre 3 à 5 milliéquivalents d'O₂ actif/kg. Pour le modèle Glucose/Ac Aspartique qui marque une valeur importante dépasse les normes de cet indice.

4. Discussion

Dans la première approche, des essais préliminaires ont été basés par la synthèse des produits de Maillard issus des différents modèles (Glucose/ Ac Aminé), avec des conditions favorables aux mécanismes réactionnels. La valeur du pH, puis la mesure de l'absorbance de ces produits par le spectrophotomètre en fonction du temps sont nécessaires dans cette partie. Dans la deuxième approche, l'ensemble de ces mesures nous a permis d'appliquer sur l'huile végétale Tournesol dès la fabrication et au cours de sa conservation dans des conditions accélérées de l'oxydation, le suivi et l'évaluation avec précision en fonction du temps l'état d'oxydation des lipides de l'huile additionnées de produits des Maillard qui sont comparés par l'efficacité d'un agent anti-oxydant très utilisé qui est l'acide citrique. D'après [14], indique que la réaction de Maillard provoque la formation des substances aromatisantes qui dépendent de la nature des acides aminés entrant dans la réaction. Chaque acide aminé est susceptible de fournir de nombreux aspects favorables ou préjudiciables sur le plan organoleptique. On constate pour ce dernier paramètre, une évolution remarquable avec le temps et de température à 120 °C de différents produits de la réaction de Maillard qui apparaît évident avec l'apparition de la couleur

caractéristique de ces produits. [15], indiquent que le brunissement non enzymatique est d'autant plus important que la température est plus élevée et que la durée de la réaction est longue. Donc Les facteurs (Temps, Température, le mode de chauffage et le pH du milieu) constituent des paramètres importants pour le déroulement de la réaction. Le mécanisme réactionnel

des produits issus des modèles (01, 02, 03, 04, 07) était parfaitement évolué par l'avancement de l'absorbance à 420 nm en fonction du temps. Nous remarquons qu'à partir de 90 mn, le brunissement non enzymatique des produits issus du modèle (Glucose/lysine) est stable. Cette stabilité peut être expliquée par la réactivité particulière de l'un de ces composés (Figure 1).



Modèle 1 : Glucose/Glycine ; Modèle 2 : Glucose/Valine ; Modèle 3 : Glucose/Tryptophane ;
Modèle 4 : Glucose/Lysine ; Modèle 5 : Glucose/Ac Aspartique ; Modèle 6 : Glucose/Cystéine ; Modèle 7 : Glucose/Histidine.

Figure 01 : Résultats de l'avancement des Produits de la réaction de Maillard en fonction du temps.

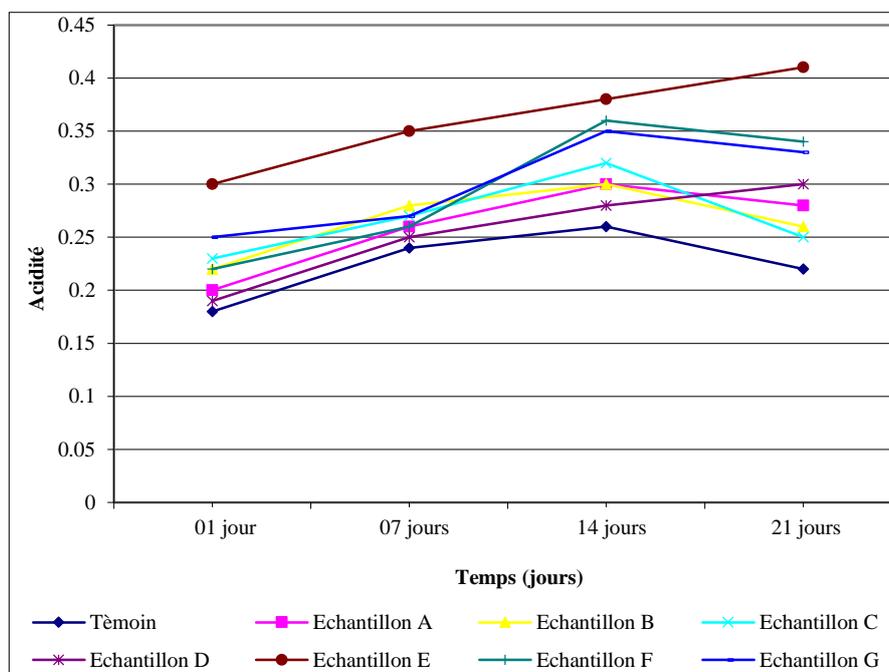
On peut expliquer, plus la couleur est importante et plus intense, plus la réaction est avancée. D'après nos résultats, chaque Modèle diffère par les densités optiques qui sont spécifiques des longueurs d'ondes bien précises, cette différenciation est probablement due à la composition chimique des substrats utilisés et/ou à la réactivité de l'un de ses composés. La composition chimique de la lysine, qui est l'acide aminé le plus facilement dégradé grâce à la présence de deux groupements aminés réactifs (acide amine basique) à contribuer au déroulement parfait de la réaction de Maillard plus particulièrement au mécanisme de la coloration (plus intense) de Maillard et à l'absorption remarquable à la longueur d'onde 430 (nm). La réactivité particulière de la lysine se trouve dans la plupart des réactions impliquant d'autres sucres réducteurs. Par contre le modèle Glucose/ac Aspartique affiche la moindre densité optique, et la faible intensité de la réaction observée au cours de la première étape, signifie son effet d'inhibition de la réaction. Ce qui indique que la plupart d'entre eux peuvent être engagés dans une réaction de Maillard [14]. Les différences de réactivité observées proviennent notamment de l'effet inhibiteur du groupement carboxylique sur le

groupement aminé qui augmente quand la distance entre ces deux groupements diminue. En plus, la différenciation des courbes indique que chaque milieu réactionnel dépend du couple (Glucose/Acide Aminé) qui est mis en jeu dans la condensation de Maillard, et montre aussi que le pH compris entre 6 et 8 favorisant la réaction de Maillard. Plus le pH est élevé, plus l'avancement de la réaction est important. En effet, une simple modification du pH peut facilement freiner ou accroître une réaction de Maillard et qui selon [6] indique que le milieu basique ($\text{pH} > 7$) favorise la réaction de Maillard. Si l'on modifie le pH, il est possible de freiner ou d'accroître cette réaction.

Concernant les indices, la plupart des huiles végétales de type huile de tournesol se composent principalement de triacylglycérols (98 à 99%) et d'une petite fraction de phospholipides, de tocophérols, de stérols. L'huile de tournesol se caractérise par une forte concentration en acide linoléique [4]. La diminution de la teneur en acide linoléique est utilisée comme indicateur d'oxydation des lipides. Le mécanisme d'oxydation des lipides change significativement et dépend fortement de la disponibilité en oxygène.

L'augmentation est due probablement à la présence des acides gras libres formés par l'hydrolyse des triglycérides. Le seuil d'acidité permettant d'affirmer qu'une matière grasse est lipolysée, car selon Sadoudi *et al.* [4], a montré que l'hydrolyse des corps

gras conduit à l'apparition d'acides gras libres et de glycérides partiels (Figure 4). Plusieurs travaux indiquent que les huiles qui sont plus insaturées, son oxydation plus facilement que moins insaturés [12].



Échantillon A : Huile ajoutée des produits de Maillard issus du modèle 1 ; Échantillon B : Huile ajoutée des produits de Maillard issus du modèle 2. Échantillon C : Huile ajoutée des produits de Maillard issus du modèle 3 ; Échantillon D : Huile ajoutée des produits de Maillard issus du modèle 4. Échantillon E : Huile ajoutée des produits de Maillard issus du modèle 5 ; Échantillon F : Huile ajoutée des produits de Maillard issus du modèle 6. Échantillon G : Huile ajoutée des produits de Maillard issus du modèle

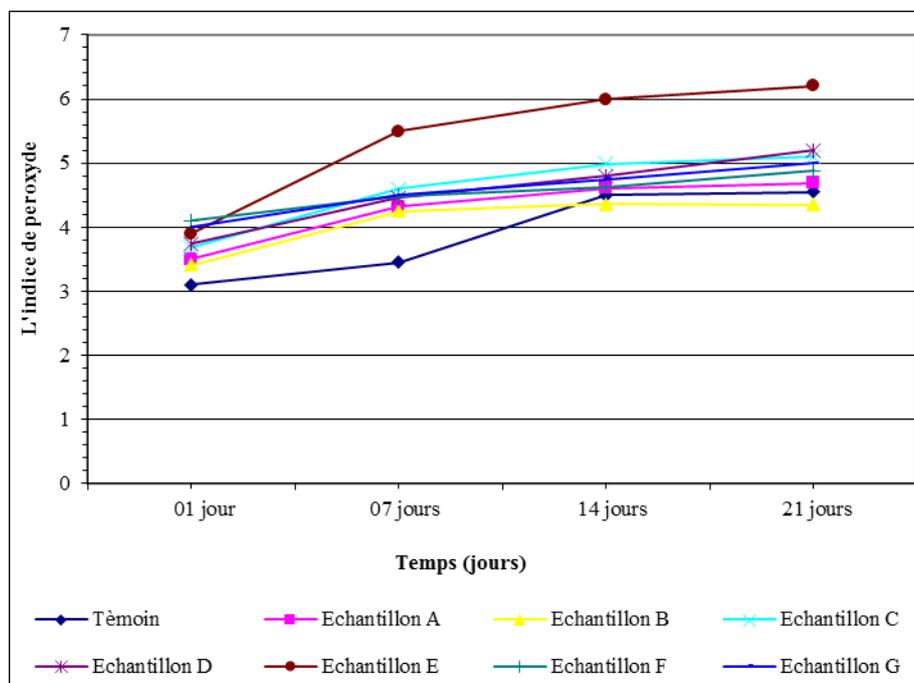
Figure 04 : Résultats de l'évolution de l'acidité (en % d'acide oléique) en fonctions de temps dans les échantillons de l'huile de tournesol Additionnée des différents modèles des produits de Maillard.

Les normes AFNOR, spécifiques aux corps gras et aux graines oléagineuses, exigent des taux d'acidité (acide oléique) de 0,2 %. Après le 14^{ème} jours du stockage, L'acidité enregistre une diminution importante pour le témoin et pour les échantillons additionnés des modèles 1, 2, 3, 6, 7. Bien que l'acide citrique utilisé comme antioxydant dans l'échantillon témoin, il apparaît évident de considérer les échantillons de l'huile de Tournesol issus des modèles Glucose/Glycine, Glucose/Valine, Glucose/Tryptophan, Glucose/Cystéine et Glucose/Histidine ont un rôle similaire que celui du témoin. Pour l'indice de peroxyde, Les résultats illustrés dans la (Figure 04), montrent que dans le 1^{er} jour, que l'échantillon témoin présente un indice de peroxyde de 3,1 milliéquivalents d'O₂ actif/kg de l'huile. Cette valeur semble respectée par l'intervalle des normes exigées par AFNOR qui sont de

5 milliéquivalents d'O₂ actif/kg. Dans nos résultats, au départ, l'indice de peroxyde des échantillons de l'huile additionnée de produit de Maillard est presque similaire et ne diffère que légèrement par rapport au témoin, les valeurs sont aux normes et qui sont estimées entre 3 à 5 milliéquivalents d'O₂ actif/kg. Contrairement à l'échantillon de l'huile additionnée du modèle Glucose/Ac Aspartique qui marque une valeur importante dépasse les normes de cet indice. Après le 14^{ème} jours de stockage, on remarque la diminution de cet indice presque dans tous les échantillons qui peuvent être expliqué par la transformation des peroxydes en aldéhydes et cétones volatiles (Figure 5). Dans une étude de [9] montre que, le produit de la réaction de Maillard est un antioxydant synthétique très puissant capable de supprimer la formation des peroxydes lors du stockage des huiles et de prolonger

leur durée de vie. On conclut de cette interprétation, que nos résultats mettent en relief l'avantage que peuvent présenter les produits de Maillard et élucident leur potentiel antioxydant, ce qui a été observé pour

l'échantillons de l'huile additionnée du modèle Glucose/Lysine.



E

Échantillon A : Huile ajoutée des produits de Maillard issus du modèle 1 ; Échantillon B : Huile ajoutée des produits de Maillard issus du modèle 2. Échantillon C : Huile ajoutée des produits de Maillard issus du modèle 3 ; Échantillon D : Huile ajoutée des produits de Maillard issus du modèle 4. Échantillon E : Huile ajoutée des produits de Maillard issus du modèle 5 ; Échantillon F : Huile ajoutée des produits de Maillard issus du modèle 6. Échantillon G : Huile ajoutée des produits de Maillard issus du modèle 7

Figure 05 : Résultats de l'évolution de l'indice de peroxyde (en meq d'O₂ / kg de l'huile) en fonctions de temps dans les échantillons de l'huile de tournesol additionnée des différents modèles des produits de Maillard

5. Conclusion

Dans cette étude, le traitement thermique et les conditions de stockage appliqués à l'huile de tournesol, a provoqué une détérioration de haut niveau avec développement de la rancidité oxydante. Il nous apparaît aussi que les produits de réactions de Maillard (PRM) sont des substances qui permettent de limiter l'évolution de l'acidité de l'huile et permettent en relief l'avantage que peuvent présenter ses produits et élucident leur potentiel antioxydant.

Références

- [1] Cuvelier M E., Maillard MN. Stabilité des huiles alimentaires au cours de leur stockage. OCL, 19 (2) (2012) : 125-132. <http://dx.doi.org/10.1051/ocl.2012.0440>
- [2] AFNOR. Corps Gras, graines oléagineuses. Dans : produits dérivés-recueil de Normes Françaises, 4^{ème} édition. Tec et Doc 1988, Paris.
- [3] White JP. Fatty Acids in Oilseeds. In: C K Chow (Ed.): Fatty Acids in Foods and Their Health Implications. New York: Marcel Dekker Inc. 2000. 209-238.
- [4] Sadoudi R., Ammouche A. and Ahmed A., Thermal oxidative alteration of sunflower oil, African Journal of Food Science, 8 (3) (2014): 116-121. <https://doi.org/10.5897/ajfs12.112>
- [5] Shahidi F., Janitha PK. and Wanasundara PD., Phenolic antioxidants. Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 32 (1992): 67-103. <http://dx.doi.org/10.1080/10408399209527581>

- [6] Hrádková I., Merkl R., Šmidrkal J., Kyselka J. and Filip V., Antioxidant effect of mono- and dihydroxyphenols in sunflower oil with different levels of naturally present tocopherols. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 115 (2013): 747–755. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201200293>
- [7] Hemalatha G. and Ghafoorunissa S., Sesame lignans enhance the thermal stability of edible vegetable oils, *Food Chemistry*, 105 (2007): 1076-1085. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.05.023>
- [8] Grompone MA. Sunflower oil. In: Shahidi F. (ed.): *Bailey's Industrial Oil and Fat Products, Edible Oil and Fat Products: Edible Oils*. 6th Ed. Vol. 2. John Wiley Sons, Inc., New York: 655–730.
- [9] Van Aardt M, Duncan SE, Long TE, O'Keefe SF, Marcy JE and Sims SR., Effect of antioxidants on oxidative stability of edible fats and oils: thermogravimetric analysis, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, (2004) 52 (3) (2004): 587-591. <https://doi.org/10.1021/jf030304f>
- [10] Roux E., DEA Sciences Alimentaires, « Etude de l'inhibition de l'activité de la polyphénoloxydase », *Journal of biochemistry*, 2000, Paris. URL : <http://iaa.cnam.fr/recherche/roux-dea-466994.kjsp?RH=biochrechmem>
- [11] Cheftel JC., *Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments*. Volume1, technique et documentation, Lavoisier 1984, 82-83, Paris.
- [12] Milanez KD. and Pontes MJC., Classification of edible vegetable oil using digital image and pattern recognition techniques, *Microchemical Journal*, 113 (2014): 10–16. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2013.10.011>
- [13] Aladedunyea F. and Przybylski R., Frying stability of high oleic sunflower oils as affected by composition of tocopherol isomers and linoleic acid content, *Food Chemistry*, 141 (3) (2013): 2373–2378. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.061>
- [14] Perrin JL. Détermination de l'altération. Dans : *Manuel des corps gras*, Tec et Doc, Lavoisier 1992, 1198-1200, Paris.
- [15] Alais C. and Linden CJ., *Biochimie Alimentaire* : Dunod., 5^{ème} édition d'abrégé 2004, 60-226, Paris
-