



DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

M^{lle} BENGUENAB Rachida

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN AGRONOMIE

Spécialité BIOTECHNOLOGIE ALIMENTAIRE

THÈME

**Effets des températures de torréfaction sur les
compositions biochimiques des amandes**

Soutenue publiquement le : **04/07/2018**

Devant le Jury

Président	M. BOUZOUINA.M	MCA	U. Mostaganem
Encadreur	M.BENABDELMOUMENE.D	MCB	U. Mostaganem
Examinatrice	M ^{me} . BENMAHDI.F	MCB	U. Mostaganem

*Thème réalisé au Laboratoire de recherche protection de culture de la faculté SNV
U.Mostaganem*

REMERCIEMENTS

Je remercie dieu le tout puissant qui m'a donné La volonté et la patience pour Mener à bien mon modeste travail.

Mes sincères remerciements et gratitudes s'adressent tout particulièrement : à Monsieur *BENABDELMOUMENE*, pour son aide, sa disponibilité, ses orientations et ses conseils.

J'exprime ma profonde et respectueuse gratitude à Monsieur *BOUZOUINA.M*, maitre de conférences A à l'Université de Mostaganem qui m'a fait l'honneur de présider mon jury. Il m'est agréable d'adresser mes plus vifs remerciements à Madame *BENMAHDI F*, maitre- assistant A à l'université de Mostaganem d'avoir bien voulu examiner le présent travail.

Je n'oublierai pas d'adresser un remerciement à mes collègues pour leur aide à la réalisation de ce travail.

Un grand merci à mes proches amies (Rachida et Saadia) dont le soutien moral a été indéfectible durant toute cette période.

Enfin merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de cette modeste recherche.

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

A la mémoire de ma très chère mère, qui m'a toujours soutenu et encouragé jusqu'à son dernier souffle, que dieu le tout puissant l'accueille en son vaste paradis et lui accorde sa miséricorde, tu resteras toujours dans nos coeurs ;

A mon très cher père, qui m'a apporté son appui durant toutes mes années d'études avec tous ses moyens, je prie dieu de te garder en bonne santé ;

A ma très chère soeur et mes très chers frères ;

A toute ma famille et mes proches ;

A mes très chers amis (es) que j'aime beaucoup, merci d'avoir été toujours à mes côtés et de m'avoir soutenu ;

A tous mes amis(es) et camarades de promotion ;

A toutes ceux ou celles que j'aime et que je ne peux oublier.

Résumé

Le présent travail a pour but d'étudier les caractéristiques physico-chimiques et le pouvoir antioxydant des amandes amères et douces et d'autre part l'évaluation de l'indice de fraîcheur de la viande par l'incorporation des amandes dans viande ovine par la méthode TBARS. Les valeurs des analyses physico-chimiques et composés phénoliques ont révélé que la température de grillade a un effet important sur les amandes sachant que la température idéale qui préserve leur nutriment est de T150. Les valeurs obtenues pour les différentes analyses (teneur en eau, cendre, lipide, protéine, polyphénols totaux et flavonoïdes) sont respectivement de l'ordre de (3,40% ; 3,33% ; 46,5g/100g ; 25,25g/100g ; 0307mgEAG/g ; 0,085 mgER/g) pour les amandes amères (2,90% ; 2,76% ; 41,46g/100g ; 24,89g/100g ; 0,283 mgEAG/g ; 0,063 mgER/g) pour les amandes douces. L'activité antioxydante par le test DPPH a révélé que seul l'extrait d'amande amère torréfié à T160°C à un effet antiradicalaire et en comparaison avec l'acide ascorbique, elle reste très faible. L'incorporation de la poudre d'amande de deux variétés abaisse significativement les teneurs en MDA.

Mots clés : amande amère, amande douce, grillade, activité antioxydant, viande ovine.

Abstract

The purpose of this work is to study the physico-chemical characteristics and antioxidant power of bitter and sweet almonds and to evaluate the meat freshness index by incorporating the almonds into sheep meat using the TBARS method. The values of the physico-chemical analyses and phenolic compounds revealed that the grilling temperature has an important effect on almonds, knowing that the ideal temperature that preserves their nutrient is T150. The values obtained for the various analyses (water content, ash, lipid, protein, total polyphenols and flavonoids) are respectively in the order of (3.40%; 3.33% ; 46.5g/100g; 25.25g/100g; 0307mgEAG/g; 0.085 mgER/g) for bitter almonds (2.90%; 2.76%; 41.46g/100g; 24.89g/100g; 0.283 mgEAG/g; 0.063 mgER/g) for sweet almonds. The antioxidant activity by the DPPH test revealed that only bitter almond extract roasted at T160°C has an anti-free radical effect and in comparison with ascorbic acid, it remains very low. The incorporation of almond powder of two varieties significantly reduces MDA contents.

Key words: bitter almond, sweet almond, grill, antioxidant activity, meat.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية والقوة المضادة للأكسدة للوز المر والحلو وتقييم مؤشر نضارة اللحوم عن طريق دمج اللوز في لحوم الأغنام. وأظهرت قيم التحاليل الفيزيوكيميائية والمركبات الفينولية أن درجة حرارة التخميص لها تأثير كبير على اللوز ودرجة الحرارة المثالية التي تحافظ على العناصر الغذائية هي 150. القيم التي تم الحصول عليها في مختلف التحاليل (محتوى المياه، والرماد، والدهون، والبروتين، والبوليفينول الكلي والفلافونويدات) هي في حدود (3,40% ; 3,33% ; 0307mgEAG/g ; 25,25g/100g ; 46,5g/100g ; 0,085 mgER/g) على التوالي للوز المر و (2,90% ; 2,76% ; 24,89g/100g ; 0,283 mgEAG/g ; 0,063 mgER/g) للوز الحلو. أظهر النشاط المضاد للأكسدة من قبل اختبار DPPH أن فقط اللوز المر المحمص في 160 درجة مئوية له تأثير خاصة المضاد للأكسدة وبالمقارنة مع حمض الاسكوربيك، فإنه لا يزال منخفضا جدا. دمج مسحوق اللوز من النوعين يقلل بشكل كبير من مستويات MDA في اللحم.

كلمات مفتاحية : مضاد الأكسدة، بوليفينول، اللوز المر، اللوز الحلو، لحم الغنم.

Tableau 1 : composition en nutriments de 100 g de l'amande.	4
Tableau 2 : Evolution de la production de l'amande douce (<i>Prunus dulcis</i>) des principaux pays producteurs et dans le monde entre 1961 et 2016.....	8
Tableau 3 : Liste des variétés d'amandier cultivées en Algérie selon Auguste (1950).....	9
Tableau 4 : Structure des squelettes des polyphénols.	12
Tableau 5 : Principaux acides hydroxycinnamiques.....	17
Tableau 6 : teneur en eau d'amande douce et amère torréfiés à différentes températures.	42
Tableau 7 : Teneur en MS d'amande douce et amère grillée à différentes températures.....	44
Tableau 8 : Teneur en cendre d'amande douce et amère grillée à différentes températures.....	46
Tableau 9 : pH des amandes douces et amères grillées à différentes températures.	48
Tableau 10 : Teneur des lipides d'amande douce et amère torréfiée à différentes températures	50
Tableau 11 : Teneur en protéine (Pr%) des amandes douces et amères grillées à différentes températures.	53
Tableau 12 : Dosages des différents composés phénoliques de l'amande douce et amère.	55
Tableau 13 : Dosages des flavonoïdes dans les amandes douces et amères.....	58
Tableau 14 : IC50 et inhibitions maximales des extraits déterminé par la méthode de DPPH.	61
Tableau 15 : Teneurs en MDA des viandes ovines hachées (épaule).	63

Figure 1: Feuilles, fleurs, et fruits d'amande amères (amara)	2
Figure 2: Feuilles, fleurs, et fruits d'amande douce (dulcis)	3
Figure 3 : Biosynthèse des composés phénoliques le plus largement distribués par la voie de shikimate.....	11
Figure 4: Squelette de base des flavonoïdes.	13
Figure 5 : Structures des squelettes de base des flavonoïdes.	14
Figure6 : Structure chimique des acides gallique (A) et ellagique (B).....	15
Figure 7 : Exemples d'acides hydroxybenzoïques:.....	16
Figure 8 : Principales étapes de la réaction de Maillard proposées par Hodge.....	25
Figure 9: Réaction d'un antioxydant avec le radical DPPH.	39
Figure 10 : teneur en eau dans des amandes douces et amères à différentes températures.	42
Figure 11 : Evolution de la teneur en eau de l'amande douce et amère en fonction de température de grillades.....	43
Figure12 : La teneur en MS dans les amandes douces et amères en fonction de température de grillades.....	44
Figure 13 : Evolution de la MS de l'amande douce et amère en fonction de la température grillées.....	45
Figure 14 : Evolution de la teneur en cendre de l'amande douce et amère en fonction de température de grillade.	47
Figure 15 : Evolution de la teneur en cendre dans l'amande douce et amère en fonction de la température de grillade.	48
Figure 16 : pH des amandes douces et amères en fonction de la température de grillade.....	49
Figure 17 : Evolution de pH dans des amandes douces et amères en fonction de la température grillade.	50
Figure 18 : la teneur en lipides dans des amandes douces et amères en fonction de la température de grillade.	51

Figure 19 : Evolution de la teneur en lipides dans des amandes douces et amères en fonction de la température grillade.	52
Figure 20 : la teneur en protéine dans des amandes douces et amères en fonction de la température de grillade.	53
Figure 21 : Evolution de la teneur en protéine dans des amandes douces et amères en fonction de la température de grillade.	54
Figure 22 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.....	55
Figure 23 : la teneur en composés phénolique dans des amandes douces et amères en fonction de la température de grillade.	56
Figure 24 : Courbe d'étalonnage de la Rutine.....	57
Figure 25 : la teneur en flavonoïde dans les amandes douces et amères en fonction de la température grillade.	58
Figure 26 : la courbe d'étalonnage d'acide ascorbique.	60
Figure 27 : Evolution des taux d'inhibition du DPPH de l'extrait d'amande amère à T160.....	62
Figure 28 : Indice TBA dans la viande hachée ovine.	64

AFNOR	Association française de la normalisation.
AOAC	Association of Official Analytical Chemists.
IC50	Concentration inhibitrice à 50%.
DPPH	2, 2- diphenyl-1- picrylhydrazyl.
EAG	Equivalent en acide gallique
EAR	Equivalent de Rutine
R²	Coefficient de corrélation
V/V	volume sur volume
HCN	l'acide cyanhydrique
AA	Amande amère
AD	Amande douce
MS	La matière sèche
Cn %	Teneur de cendre en pourcentage
H%	Humidité
MG	La teneur en lipide
N%	La teneur d'azote
TPC	Composées phénoliques totaux
TBARS	Thiobarbituric acid reactive substances
MDA	malonaldéhyde
TBA	L'acide thiobarbiturique
TCA	l'acide trichloracétique
EMDA	Equivalent en malonaldéhyde

Dédicaces

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction générale

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Amandes

1.	Origine et historique	1
2.	Etymologie	1
3.	Classification	2
4.	Description botanique	2
5.	Composition chimique	3
6.	Propriétés biologiques des amandes amères et douces	5
7.	Différentes types de l'utilisation des amandes amère et douce	6
7.1.	Amande amère	6
7.2.	Amande douce.....	7
8.	Toxicité des amandes amère.....	7
9.	Aires de production des amandiers en Algérie	8

Chapitre II: Les composés phénoliques

1.	Généralités.....	10
2.	Biosynthèse	10
3.	Classe des polyphénols	11
3.1.	Structure chimique et classification des flavonoïdes	12
3.2.	Tannins	14
3.2.1.	Tannins hydrolysables	15

3.2.2.	Tannins condensés.....	15
3.3.	Acides phénoliques.....	16
3.3.1.	Acides hydroxybenzoïques	16
3.3.2.	Acides hydroxycinnamiques et dérivés	17
3.4.	Les stilbènes.....	17
3.5.	Lignanes.....	18
4.	Rôles et propriétés des composés phénoliques.....	18
4.1.	Les polyphénols	18
4.2.	Les flavonoïdes	18
4.3.	Les anthocyanes	19
4.4.	Les tanins	19
4.5.	Les coumarines.....	20
4.6.	Les acides phénols et ces dérivés	20
5.	Amande et les composées phénoliques.....	20
6.	Avantages des amandes sur la santé	21

Chapitre III : Réaction de Maillard

1.	Introduction	23
2.	Historique	23
3.	Mécanisme de la réaction de Maillard	23
4.	Rôle des produits de la réaction de Maillard dans l'acceptabilité des aliments.....	25
4.1.	Couleur	25
4.2.	Goût et arôme.....	26
4.3.	Texture.....	28
5.	Les facteurs influents	28
6.	Les réactants	29

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre IV :Matériels et méthodes

1.	Objectif.....	31
2.	Matériels.....	31
2.1.	Lieu de travail	31
2.2.	Echantillonnage.....	31
2.2.1.	Amandes	31
2.2.2.	Préparation de la viande	33
3.	Méthodes	33
3.1.	Caractéristiques physicochimiques des amandes (douces et amères)	33
3.1.1.	Détermination de la teneur en eau.....	33
3.1.2.	Détermination de la teneur en cendres	34
3.1.3.	Détermination du pH.....	34
3.1.4.	Extraction et dosage des lipides	34
3.1.5.	Dosage des protéines (azote total).....	35
3.2.	Étude de l'activité antioxydant des amandes (douces et amères)	37
3.2.1.	Extraction et dosage des composées phénoliques.....	37
3.2.2.	Détermination d'activité antioxydant	39
3.3.	Détermination de l'indice TBARS (Genot ; 1996)	40
3.3.1.	Principe.....	40
3.3.2.	Mode opératoire	40
3.3.3.	Expression des résultats.....	40
3.4.	Analyses statistiques.....	41
	Chapitre V : Résultats et discussions.....	42
1.	Caractéristiques physicochimiques.....	42
1.1.	Teneur en eau (H%)	42

Table des matières

1.2.	Matière sèche (MS%)	44
1.3.	Teneur en cendre (Cn%)	46
1.4.	pH des amandes.....	48
1.6.	Teneur en protéine (Pr%) des amandes	53
2.	Dosage des polyphénols totaux	55
3.	Dosage des flavonoïdes.....	57
4.	Activité anti-oxydante.....	60
2.1.	Estimation du degré d'oxydation des lipides de la viande hachée.....	63

Conclusion

Références bibliographiques

Introduction générale

Les noix et graines sont cultivées partout dans le monde. Elles font partie de l'alimentation traditionnelle. Des études de références révèlent l'importance des noix et graines oléagineuses comme la noisette, l'amande, la noix de cajou et les graines de sésame. Elles contiennent une grande quantité de matières grasses, souvent riches en acides gras polyinsaturés. En plus elles sont une excellente source de magnésium (Mg), de cuivre (Cu) et de potassium (K), ainsi qu'une bonne source de thiamine (vit B₁) et d'acide folique (vit B₉). Elles renferment des traces de fer, de l'acide pantothénique (vit B₅) et de la riboflavine (vit B₂).

La torréfaction est une opération essentielle et l'un des procédés de transformation les plus fréquents pour les noix et graines (**Moss et al.**, 1989 ; **Buckholz et al.**, 1980 ; **Shimoda et al.**, 1997). Elle vise à augmenter la palatabilité du produit et favorise significativement le développement de la couleur, flaveur, texture et apparence des noix et graines. Le produit résultant est raffiné et très apprécié du consommateur en comparaison aux noix et graines crues (**Pattee et al.**, 1982a,b ; **Mayer**, 1985 ; **Sanders et al.**, 1989 ; **Patte et al.**, 1995 ; **Saklar**, 1999). La torréfaction détruit également les microorganismes indésirables et inactive les enzymes qui favorisent la détérioration du produit au cours du stockage (**Buckholz et al.**, 1980). De plus, elle peut donner naissance à des composés antioxydants, de type mélanoidines formées au cours de la réaction de Maillard (**Machiels et al.**, 2002).

Il existe en fait deux variétés d'amandiers qui ne diffèrent guère que par leurs fruits : la variété *dulcis* (amandes douces) et la variété *amara* (amandes amères). Les amandes amères se différencient de celles dites douces par leur teneur en amygdaline, responsable de leur amertume ; (**Yada et al.**, 2013). Malgré cela, elle est utilisée en petites quantités pour parfumer les pâtisseries, les confiseries, les liqueurs et les sirops.

Les amandes dont les espèces amères comprises sont riches en éléments nutritifs. Elles sont des sources importantes de lipides et de protéines (**yada et al.**, 2011) et leur consommation réduit le risque des maladies cardiovasculaires (**Moayedi et al.**, 2010). Cette propriété fonctionnelle est attribuée à l'effet hypocholestérolémique, lui-même dû à la teneur élevée en fibres diététiques, en stérols et en acides gras mono-insaturés, et antioxydant de la vitamine E et des sphingolipides (**Moayedi et al.**, 2010).

Avec un goût, une valeur nutritionnelle et une texture distinctive, les amandes (*Prunus dulcis*) peuvent être considérées comme un des aliments les plus précieux dans le monde

Introduction générale

(**Moure et al.**, 2007). Leurs applications sont diverses en industrie agroalimentaire, en pharmaceutique et en cosmétique (**Moayedi et al.**, 2011).

Leur production se situe dans les zones climatiques méditerranéennes, dans les pays du bassin méditerranéen, en Californie et dans le nord-ouest du Mexique, dans une petite partie de l'Australie et dans d'autres régions réduites du monde (**FAOSTAT**, 2015).

L'amandier existe à l'état spontané en Algérie. À l'est de l'Algérie, les vergers d'amandiers se trouvent plutôt en pentes, le potentiel de l'amande amère est très important dans les wilayas telles que Guelma et Sétif. Au niveau national, on peut estimer que 5% de la population d'amandiers est d'amande amère. Par contre, il n'y a pas une exploitation organisée et industrielle de ce produit.

Malgré leur importance et disponibilité en Algérie, les amandes (*Prunus amygdalus*) restent, à notre connaissance, ignorées quant à leur caractérisation physicochimique, et composé phénolique et aussi leur activité antioxydant.

La présente étude a pour but de déterminer l'effet de température sur les caractéristiques physicochimiques, les composés phénoliques et leur activité antioxydante dans les amandes (douces et amères).

Le présent travail se divise en deux parties :

- La 1^{ère} partie est une étude bibliographique qui est subdivisée en trois chapitres :
 - Le premier chapitre comporte des généralités sur les amandes.
 - Le deuxième chapitre porte sur généralités sur les polyphénols.
 - Le troisième chapitre porte sur généralités la réaction Maillard.
- La seconde partie est une partie expérimentale qui rassemble deux chapitres :
 - Le premier chapitre décrit le matériel végétal et les méthodes utilisées.
 - Le deuxième chapitre résumé les résultats et discussion
- Nous terminons par une conclusion à venir.

I. Amandes

1. Origine et historique

Deux zones en l'Asie occidentales ont vu naître l'amandier, l'une sur les contreforts et de la chaîne de Ferghana, l'autre plus vaste s'étirant du sud de la mer Caspienne par l'Iran jusqu'au golfe persique. Babylonien distinguaient les variétés douces et amères.

L'amandier semble également être spontané en Afrique septentrionale : on a trouvé des bois d'amandiers dans les montagnes d'Algérie et du Maroc, mais certains en doutent et n'y verraient que des « ensauvagés » issus d'anciennes cultures. C'est par la Grèce, l'Italie et l'Espagne qu'il nous est parvenu (**Gallouin et al.**, 2013).

Plin d'ancien (Ier siècle) connaissait les deux variétés douces et amères ; elles étaient également connues dans le sud de la Gaule.

A la fin du XIV jusqu'au XVII siècle, on servait les amandes à la fin du repas. Depuis Dioscoride (médecin grec, Ier siècle), les anciens connaissaient la toxicité de l'amande amère ; ils l'utilisaient pour se débarrasser des renards. L'amandier arriva seulement au XIX siècle aux États-Unis. (**Tonelli et al.**, 2013).

2. Etymologie

L'amandier est l'arbre qui produit les amandes. Le nom amande provient du bas latin *amandula* altération du latin classique *amygdala* dérivé de la grecque *amygdale*, qui désignait ces graines comestibles (d'où par ailleurs, les amygdales, en forme d'amande). Les Romains nommaient l'arbre lui-même *amygdalum* ou *amygdalus*, et les Grecs *amygdalon* ou *amygdalos*. *Amygdalus* est ancien nom de genre de l'amandier, aujourd'hui nommé *Prunus dulcis*, l'épithète signifiant « doux » (**Couplan**, 2012).

3. Classification

Les amandes sont des fruits des amandiers qui appartiennent à la famille de *Rosaceae*, au genre *Prunus* et au sous-genre *Amygdalus* (Özcan et al., 2011).

Deux variétés d'amandes sont communément identifiées au sein de l'espèce «*Prunus Amygdalus* » : les amandes douces qui sont désignées comme « *Prunus Amygdalus dulcis* », et les amandes amères qui sont dénommées « *Prunus Amygdalus amarus* » (Yada et al., 2011).

4. Description botanique

L'amandier, petit arbre de 10 à 12 mètres de haut. Il peut vivre jusqu'à une centaine d'années ; son aire de dispersion est identique à celle de l'olivier. Les feuilles, d'une dizaine de centimètres, sont étroites, lancéolées, à bord finement dentelé, portées par un court pétiole ; les fleurs blanches ou rosâtre apparaissent bien avant les feuilles, dès la fin de l'hiver vers février. Le fruit est une drupe ovale, verte et veloutée dont la partie charnue n'est pas comestible. Elle entoure une coque ligneuse et criblée de trols, contenant une, parfois deux, graines comestibles, enveloppées d'un fin tégument couleur cannelle (Hammiche, 2013)

Les deux variétés douces (*dulcis*) et amères (*amara*) sont morphologiquement semblables (Tonelli et al., 2013).



Figure 1: Feuilles, fleurs, et fruits d'amande amères (*amara*) (<http://www.beaute-de-dame-nature.org/article-prunus-amygdalus-amara-amandier-sauvage-68002315.html>)



Figure 2: Feuilles, fleurs, et fruits d'amande douce (*dulcis*)

(<https://www.jardindupicvert.com/arbres/7372-amandier.html>)

5. Composition chimique

L'amande est un aliment énergétique très riche en lipides, protéines, glucides et vitamines. Comme tous les fruits oléagineux, l'amande est riche en graisses (environ 53% de lipides) en majorité des acides gras, soit en moyenne (72.5–79.9%), d'acide oléique (ω 9), (13.5–19.8%) d'acide linoléique (ω 6) et (5.9–6.7%).d'acide palmitique (**Tessier**, 2014).

Les amandes ont un contenu élevé en antioxydants. En effet, la présence d' α tocophérol (25 à 27 mg/100 g d'amande sèche) est un excellent apport d'antioxydants alimentaires.

Par ailleurs, la teneur en sodium de l'amande étant très faible (1 à 2 mg/ 100 g), le rapport potassium/sodium est compris entre 360 et 900 ce qui est exceptionnel pour un aliment naturel. Ceci peut être utile dans le traitement des régimes hyposodés. La composition d'amande n'entraîne pas de prise de poids et est bénéfique chez les hypocholestérolémiantes (**Tessier**, 2014).

Tableau 1 : composition en nutriments de 100 g de l'amande (**Tozanli**, 2018).

Portion comestible (pour 100 g)		Oligoéléments et vitamines (pour 100 g)		Acides lipidiques (pour 100 g)	
Energie	634 kCal	Potassium	668 mg	Acide palmitique	3,04 g
Protéines	21,1 g	Cuivre	0,9 mg	Acide myristique	0,024 g
Lipides	53,4 g	Magnésium	232 mg	Acide laurique	0,0033g
Glucides	7,9 g	Calcium	248 mg	Acide oléique	31,5 g
Fibres alim.	10,2	Fer	3 mg	Acide linoléique	13,3 g
Cendres	2.93	Phosphore	416 mg	Acide stéarique	0,66 g
		Sodium	1.61 mg	Acide arachidonique	0,01 g
		Sélénium	2.3 µg	Acide linoléique	11,6 g
		Beta-Carotène	1 µg	Acide alpha-linolénique	0,052g
		Vitamine C	05 mg	Acide butyrique	0,005g
		Vitamine E	14.6 mg	Acide caproïque	0,005g
		Niacine	3.4 mg	Acide caprylique	0,005g
		Vitamine B1	0.18 mg	Acide caprique	0,0033g
		Vitamine B2	0.91 mg		
		Vitamine B 6	0.11 mg		
		Folates totaux	93.1 µg		

L'amande amère possède des valeurs nutritionnelles identiques à celle de l'amande douce. Elle possède trois composants de base : le benzaldéhyde, l'amygdaline ou l'amygdaloside et le glycosidecyanogène. Il faut savoir qu'une gramme d'amygdaloside peut libérer près de 60 mg de cyanure et que l'huile naturelle d'amande amère renferme de 0,08 à 4% de cyanure (**Hamliche et al.**, 2013). Ces propriétés la rendent toxique et limite son utilisation.

6. Propriétés biologiques des amandes amères et douces

Les amandes contiennent plusieurs nutriments à savoir les acides gras insaturés, les protéines, les vitamines les minéraux. En plus de leur valeur nutritionnelle, elles sont douées de nombreuses vertus thérapeutiques et pharmacologiques comme les effets anti-stress (**Bansal et al.**, 2009), anti-oxydant (**Pinelo et al.**, 2004) et immunostimulant (**Puri et al.**, 2000). Les amandes sont un remède alimentaire utile pour l'anémie car elles contiennent du cuivre, du fer et des vitamines.

Une étude menée en 2013 met en évidence une forte activité prébiotique suite à la consommation de la peau des amandes, notamment grâce à une croissance importante de Bifidobactéries et de Lactobacilles au niveau de la flore intestinale, associée à une réduction des taux de *Clostridium perfringens* (**Berthoud**, 2014)

La consommation d'amande douce aurait un effet calmant sur les douleurs et aigreurs d'estomac par le film lipidiques qui se dépose sur la muqueuse et qui pourrait limiter un peu les effets irritants des sécrétions (acide chlorhydrique et pepsine) (**Tonelli**, 2013).

Les amandes amères contiennent essentiellement, des lipides et par pressage puis purification elles fournissent une huile tout à fait inoffensive. L'effet adoucissant de cette huile est bien connu pour l'entretien cutané des mains ainsi que pour la toilette des bébés atteints d'érythème fessier simple (rougeur inflammatoire) (**Tonelli et al**, 2013).

En pharmacie, l'huile d'amandes entre dans la composition d'émulsions et de « looch » (de l'arabe la'uq) ; émulsion rendue plus consistante à l'aide d'un mucilage (**Galouin et al.**, 2013) Les rapports ont indiqué que amande contenant des acides gras insaturés riches a bénéfique effets sur le taux de cholestérol sanguin et le profil lipoprotéique chez l'homme (**Berryman et al.**, 2011).

Hyson et al., (2002) ont illustré que les personnes qui mangent de l'amande et son huile peuvent réduire significativement les triacylglycérols plasmatiques inférieurs et totaux et faibles densités lipoprotéines (LDL) cholestérol avec augmentation des taux de cholestérol des lipoprotéines de haute densité (HDL). **Kendall, Jenkins, Marchie, Parker et Connelly** (2002) ont souligné que la consommation d'amandes peut réduire considérablement les facteurs de maladie coronarienne.

Il convient de noter que les amandes amères contenues dans teneur plus élevée en flavonoïdes, ce qui est conforme aux leur cytotoxicité plus élevée sur les lignées cellulaires

HepG2. Flavonoïde sont été signalés à exercer un effet positif sur la prévention et / ou le traitement de nombreux types de cancer, à savoir du côlon, du poumon, du larynx, de la prostate, du sein, de la leucémie et carcinome hépatocellulaire (**Gomaa**, 2013)

7. Différentes types de l'utilisation des amandes amère et douce

7.1.Amande amère

Malgré sa toxicité, l'amande amère est utilisée en petite quantité, pour parfumer et égayer les pâtisseries, les confiseries, les liqueurs et les sirops.

Depuis l'antiquité, il est conseillé dans plusieurs cultures des pays du pourtour méditerranéen de consommer 2-3 amandes par jour pour une bonne digestion. Cependant, ce conseil ne concerne que les adultes, les enfants peuvent en mourir en cas de consommation des amandes amères, même en petite quantité.

On emploie l'amande, en petite quantité, ou l'extrait, pour aromatiser les pâtisseries (pâte d'amandes, macarons) et les confiseries. l'extrait qui a les mêmes usages sert, par ailleurs, à la fabrication de liqueurs (amaretto) et de sirops (Orgeat) (**Hammiche et al.**, 2013).

Dans les pays du Maghreb et du Moyen-Orient, la poudre d'amande amère est intégrée dans plusieurs recettes de pâtisserie et de confiserie pour son parfum et son goût distinctif (**Tozanli**, 2018).

L'huile d'amande amère a été utilisée par voie externe en cosmétique et parfumerie par les anciens Égyptiens et les hellénique et Avicenne (Ib'nSina) en mentionne dans son pharmacopée, Al-Qànunfil'tibb. De nos jours, cette huile est utilisée dans les soins capillaires en raison de sa propriété de bien nourrir la racine des cheveux lorsqu'elles sont séchées. Elle est aussi efficacement employée pour le nettoyage et l'hydratation de la peau. Elle est reconnue pour ses vertus d'éliminer les taches de rousseur et l'eczéma (**Tozanli**, 2018).Peut être utilisée dans la fabrication de biodiesel (**Atapour**, 2011).

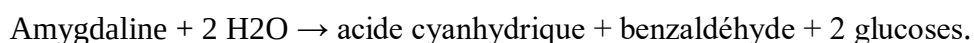
Les coquilles peuvent être utilisées pour la production de charbon actif (**Tarachi**, 2015).

7.2. Amande douce

Avec un goût, une valeur nutritionnelle et une texture distincts les plus précieux dans le monde (**Moure et al.**, 2007). Leurs applications sont diverses en industrie alimentaire, en pharmaceutique et en cosmétique (**Moayedi et al.**, 2010). D'autre part, leur huile est employée comme crème hydratante de la peau, antiride et anti vieillissante (**Jackson**, 1992).

8. Toxicité des amandes amère

La molécule indirectement responsable de l'amertume et de la toxicité de l'amande est l'amygdaline. Elle peut s'accumuler dans les amandes amères à un taux mille fois supérieur à celui présent dans les amandes douces (**Thodberg et al.**, 2018) L'amygdaline est un glycoside cyanogène présent dans les tissus de nombreuses plantes qui s'hydrolyse (par l'action d'un complexe enzymatique) après lésion des cellules en donnant de l'acide cyanhydrique (HCN), du benzaldéhyde et du glucose. La réaction qui s'effectue en plusieurs étapes, a pour bilan final :



Le benzaldéhyde est un liquide à odeur d'amande amère qui est utilisé comme arôme alimentaire, par exemple dans le kirsch fantaisie ou le traitement des vins. L'acide cyanhydrique possède aussi un léger goût d'amande amère.

Après ingestion, l'amygdaline est hydrolysée en cyanure dans l'intestin grêle par action des β -glucuronidases du microbiote intestinal. Sinon le simple broyage d'amandes amères, suffit à mettre en contact l'amygdaline avec la β -glucuronidase des tissus de l'amande (émulsine) et à provoquer son hydrolyse.

La toxicité provient de la formation de l'ion cyanure ($\text{N}\equiv\text{C}^-$) qui après absorption par un humain, se fixe sur les atomes de fer contenus dans l'hémoglobine et la cytochrome coxydase mitochondriale. Par cette action, il empêche alors l'utilisation de l'oxygène apporté par le sang. Certaines cellules, comme les neurones situés au niveau de la base de la moelle allongée (bulbe) où se trouve le centre respiratoire, sont particulièrement sensibles à cette action. Par conséquent, le cyanure entraîne une diminution de l'activité respiratoire à l'origine de multiples atteintes neurologiques, respiratoires et cardio-vasculaires.

Le cyanure a une toxicité aiguë très élevée. La dose orale létale de cyanure a été estimée chez l'homme à environ 0,5 à 3,5 mg/kg de masse corporelle (**Thiry**, 2016).

Tableau 2 : Evolution de la production de l'amande douce (*Prunus dulcis*) des principaux pays producteurs et dans le monde entre 1961 et 2016 (Tozanli, 2018).

Rang 2016	Pays	1961-1970		1971-1980		2001-2010		2016		TCMA (1971-2016)
		Production (tonnes)	Part dans le total (%)	Production (tonnes)	Part dans le total (%)	Production (tonnes)	Part dans le total (%)	Production (tonnes)	Part dans le total (%)	
1	Etats-Unis	72 956	12,0%	175 522	22,7%	972 994	48,8%	1 760 777	60,7%	6,0%
2	Espagne	158 480	26,0%	236 660	30,5%	222 660	11,2%	196 438	6,8%	0,4%
3	Iran	23 100	3,8%	49 000	6,3%	119 077	6,0%	137 586	4,7%	3,3%
4	Maroc	13 410	2,2%	16 900	2,2%	81 900	4,1%	100 006	3,4%	3,7%
5	Syrie	2 584	0,4%	9 019	1,2%	111 676	5,6%	84 667	2,9%	6,5%
6	Italie	232 700	38,2%	128 680	16,6%	108 285	5,4%	81 040	2,8%	-1,9%
7	Turquie	23 343	3,8%	27 150	3,5%	46 305	2,3%	78 530	2,7%	2,2%
8	Australie ⁽¹⁾		0,0%	3 500	0,5%	25 466	1,3%	69 393	2,4%	6,9%
9	Algérie	5 208	0,9%	4 312	0,6%	40 475	2,0%	64 676	2,2%	4,7%
10	Tunisie	7 980	1,3%	24 660	3,2%	45 050	2,3%	63 533	2,2%	3,8%
	Monde	608 405	100,0%	774 814	100,0%	1 995 649	100,0%	2 901 735	100,0%	2,9%

Note : TCMA : taux de croissance moyen annuel

Moyennes décennales pour 1971-1980 et 2001-2010 et moyenne des années 2011-2016

9. Aires de production des amandiers en Algérie

L'amandier existe à l'état spontané en Algérie. A l'est de l'Algérie, les vergers d'amandiers se trouvent plutôt en pentes, dans les wilayas de Guelma et de Constantine et s'étendent vers centre est de l'Algérie et dans le nord de la wilaya de Sétif vers Bejaïa et allant jusqu'à la wilaya d'Alger (Tozanli, 2018).

Dans la wilaya de Sétif, il y a un grand verger d'amandier développé dans les années 80 dans le cadre de réhabilitation de l'amande douce. Le potentiel de l'amande amère est très important dans cette wilaya. Au niveau national, on peut estimer que 5% de la population d'amandiers est d'amande amère. Par contre, il n'y a pas une exploitation organisée et industrielle de ce produit. Les amandiers d'amande amère sont en grande partie sauvages et sont

situées en la lisière des forêts au nord du Sétif et à Bejaïa, une surface qui s'étend jusqu'à la wilaya d'Alger (**Tozanli**, 2018).

La commune de Miliana de la wilaya d'Aïn Defla, au centre-sud d'Alger aussi est un lieu du peuplement des amandiers d'amande amère.

A l'ouest du pays, dans la wilaya de Tlemcen et celle d'Oran, l'amandier d'amande amère est utilisé comme porte-greffe et les amandes amères ne sont pas exploitées ni industriellement, ni de manière artisanale (**Tozanli**, 2018).

Tableau 3 : Liste des variétés d'amandier cultivées en Algérie selon **Auguste** (1950).D'après (**INRAA**, 2006).

Variétés	Origine	Coque	Observations
Al	Métropole	Tendre	La plus intéressante des tendres ; oranie
Barteriana	Sicile	Tendre	Consommée en vert surtout ; zone littorale
Non Pareil	Californie	Tendre	La plus tendre
Nec Plus Ultra	Californie	Tendre	Amandons allongés
I x L	Californie	Tendre	Bonne amande de dessert
Drake	Californie	Tendre	-
Fournat de Brezenaud	Française	Tendre	-
Languedoc	Française	Tendre	Peu d'amandons doubles
Grosse tendre	?	Tendre	Développement énorme
Cavalliera	Tunisie	Tendre	-
Avola	Italienne	Dure	Recherchée pour les dragées
Desmayo	Espagnole	Dure	Rare en algérie, très fertile
Macona	Espagnole	Dure	Répandue, recherchée pour pâte d'amande
Constantini	?	Demi-dure	Bonne pour les régions arides
Perless		Demi-dure	Très fertile
Texas	Californie	Dure Rare	cultivée pour la pollinisation, fruit sans

II. Les composés phénoliques

1. Généralités

Les composés phénoliques ou les polyphénols sont des métabolites secondaires largement répandus dans le règne végétal. Ces composés sont présents dans toutes les parties des plantes, mais avec une répartition quantitative qui varient entre les différents tissus. Plus de 8000 structures ont été identifiées (**Waksmundzka-Hajnos et Sherma, 2011**), allant de simples comme les acides phénoliques à des substances hautement polymérisées comme les tanins (**Dai et Mumper, 2010**).

Ils sont caractérisés par la présence d'au moins un noyau benzénique auquel est directement lié au moins un groupe hydroxyle, libre ou engagé dans une autre fonction : éther, ester, hétéroside (**Bruneton, 1999**).

Les polyphénols constituent les principes actifs de nombreuses plantes médicinales ; ils ont la capacité de moduler l'activité d'un grand nombre d'enzymes et de certains récepteurs cellulaires. En outre, *in vitro*, un grand nombre de polyphénols sont reconnus pour leurs propriétés antioxydant, anti-inflammatoire, antifongique, antivirale et anticancéreuse (**Khan, 2010**). Ces activités sont attribuées à la capacité de ces composés à réduire les radicaux libres tels que les radicaux hydroxyles ($\text{HO}\cdot$) et superoxyde (O^{2-}) (**Nkhili, 2009**).

2. Biosynthèse

L'origine biosynthétique des composés phénoliques des végétaux est proche, tous dérivant de l'acide shikimique (Figure 3). Cette voie shikimate conduit à la formation des oses aux acides aminés aromatiques (phénylalanine et tyrosine) puis par désamination de ces derniers, aux acides cinnamiques et à leurs très nombreux dérivés : acide benzoïques, acétophénones, lignanes et lignines, coumarines (**Bruneton, 1993**).

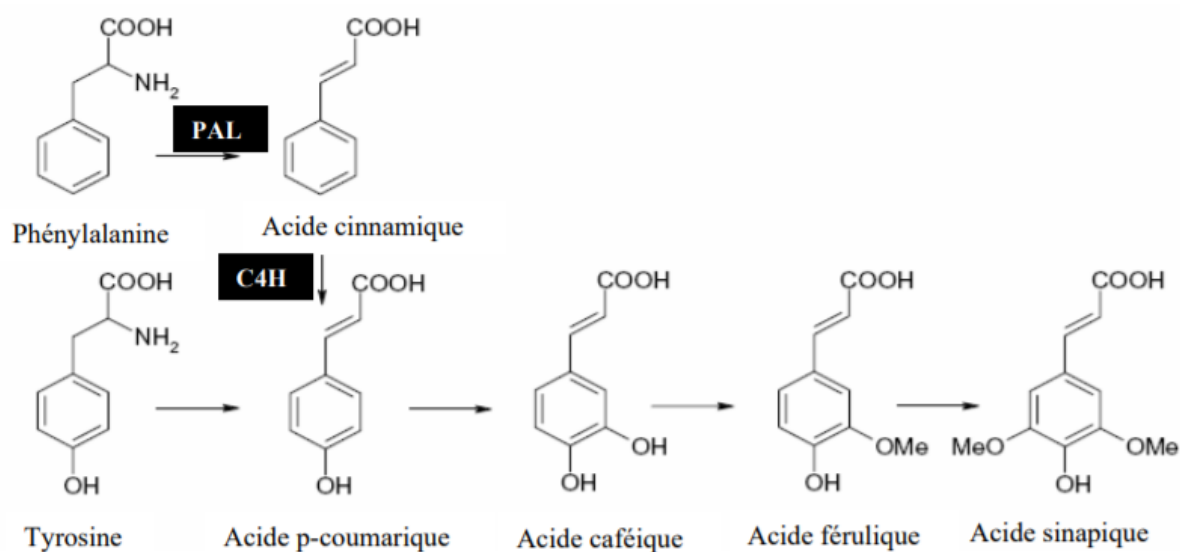


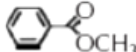
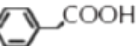
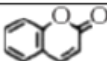
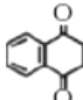
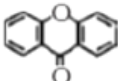
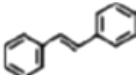
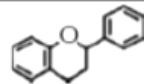
Figure 3 : Biosynthèse des composés phénoliques le plus largement distribués par la voie de shikimate (**Crozier et al.**, 2006). PAL : phénylalanine ammonia-lyase ; C4H : cinnamate 4-hydroxylase.

3. Classe des polyphénols

Les polyphénols forment un très vaste ensemble de substances chimiques, ils peuvent être classifiés selon le nombre et l'arrangement de leurs atomes de carbones (Tableau 4). Ces molécules sont généralement trouvées conjuguées aux sucres et les acides organiques.

Plus important encore, la teneur en composés phénoliques des fruits à coque dépend non seulement du type de noix (génotype) et de son cultivar, mais aussi de l'année de récolte, du lieu du verger, des étapes de transformation (pasteurisation, blanchiment, irradiation et grillage) et des conditions de stockage (température et durée) (**Chang et al.**, 2016).

Tableau 4: Structure des squelettes des polyphénols (**Crozier et al.**, 2006).

Nombre de carbones	Squelette	Classification	Exemple	Structure de base
7	C ₆ -C ₁	Acides phénols	Acide gallique	
8	C ₆ -C ₂	acétophénones	Gallacetophénone	
8	C ₆ -C ₂	Acide phénylacétique	Acide p-hydroxyphényl-acétique	
9	C ₆ -C ₃	Acides hydroxycinamiques	Acide p-coumarique	
9	C ₆ -C ₃	Coumarines	Escutitrine	
10	C ₆ -C ₄	Naphthoquinones	Juglone	
13	C ₆ -C ₁ -C ₆	Xanthones	Mangiférine	
14	C ₆ -C ₂ -C ₆	Stilbènes	Resveratrol	
15	C ₆ -C ₃ -C ₆	Flavonoïdes	Naringénine	

3.1. Structure chimique et classification des flavonoïdes

Généralement, la structure des flavonoïdes est représentée selon le système C₆-C₃-C₆ (**Emerenciano et al.**, 2007) en formant une structure de type diphenyle propane dont des groupements hydroxyles, oxygènes, méthyles, ou des sucres peuvent être attachés sur les noyaux de cette molécule (Figure 4) (**Narayana et al.**, 2001; **Malešev et Kuntić**, 2007). Flavonoïdes rapportés dans les noix sont principalement conjugués avec des sucres ou d'autres polyols via des liaisons O-glycosidiques ou des liaisons ester. Les flavonoïdes, qui constituent le groupe de phénols végétaux le plus courant et le plus largement répandu, sont de plus en plus appréciés comme étant un composant important de l'alimentation humaine (**Chang et al.**, 2016).

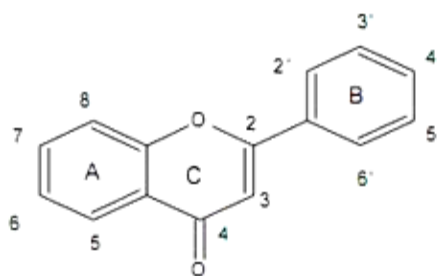


Figure 4: Squelette de base des flavonoïdes (**Girotti –Chanu**, 2006).

La nature chimique des flavonoïdes dépend de leur classe structurale, de degré d'hydroxylation et de méthylation, de degré de polymérisation, des substitutions et des conjugaisons sur le cycle C c'est-à-dire la présence : de double liaison C2-C3, du groupe 3-Oet la fonction 4-oxo (**Yao et al.**, 2004 ; **Tsimogiannins** et **Oreopoulou**, 2006). En basant sur leur squelette, les flavonoïdes peuvent être divisés en différentes classes : anthocyanidines ; flavonoles ; isoflavonoles ; flavones ; isoflavones ; flavanes ; isoflavanes ; flavanols ; isoflavanols ; flavanones ; isoflavanones ; auronnes (**Havsteen**, 2002 ; **Edenharder** et **Grünhage**, 2003) (Figure 5).

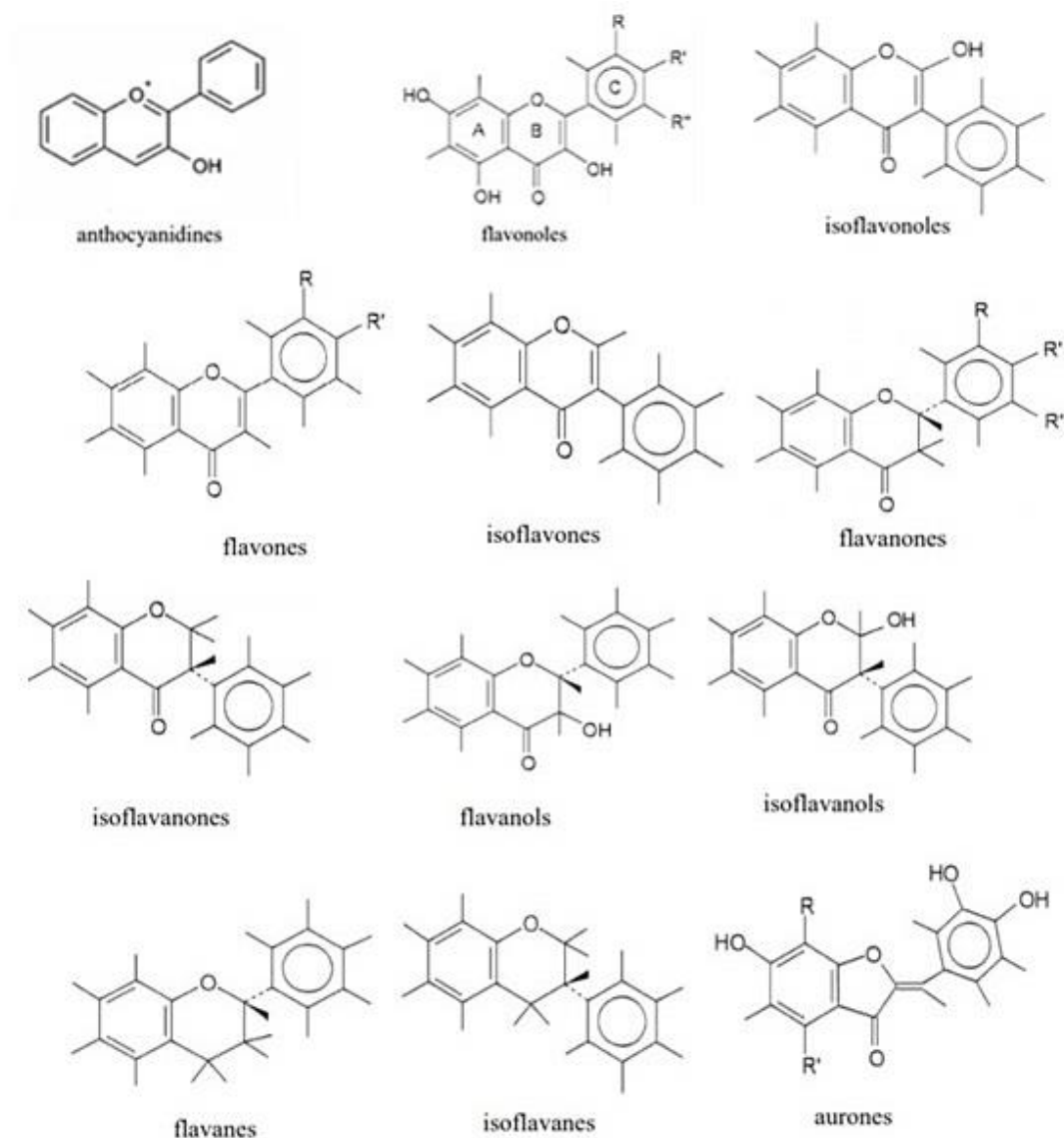


Figure 5 : Structures des squelettes de base des flavonoïdes (**Havsteen**, 2002).

3.2. Tannins

Cette classe désigne le nom général descriptif du groupe des substances phénoliques polymériques, ayant une masse moléculaire comprise entre 500 et 3000 qui présente, à côté des réactions classiques des phénols, la propriété de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et d'autres protéines (**Haslam**, 1996 ; **Cowan**, 1999). Le degré de polymérisation de ces composés varie en fonction de l'organe végétal ; entre 1 et 20 pour la graine et en moyenne 30 pour la peau (**Prieur et al.**, 1994; **El Gharra**s, 2009). L'aptitude de ces composés à s'associer avec les protéines salivaires leur confère la propriété d'astringence que l'on retrouve chez certains fruits (raisin, pomme, poire) et certaines boissons (thé, vin, bière) (**Prieur et al.**, 1994; **El Gharra**s, 2009).

On distingue deux groupes de tannins différents par leur structure et par leur origine biogénétique :

3.2.1. Tannins hydrolysables

Tannins hydrolysables sont des oligo ou des polyesters d'un sucre et d'un nombre variable d'acide phénol. Le sucre est très généralement le D-glucose et l'acide phénol est soit l'acide gallique dans le cas des gallotannins soit l'acide ellagique dans le cas des tannins classiquement dénommés ellagitannins (Figure 6) (**Bruneton**, 1993 ; **Cowan**, 1999).

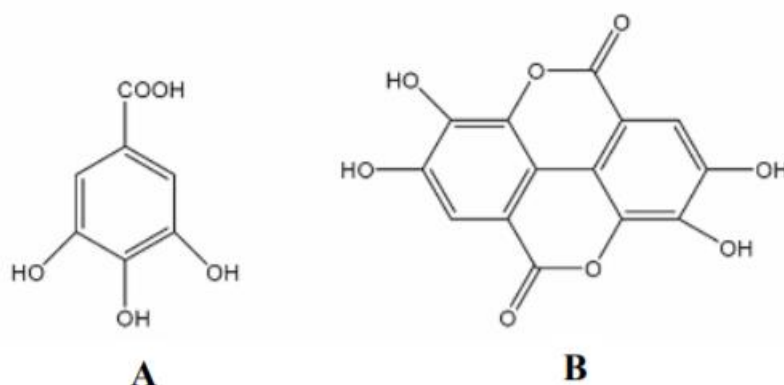


Figure6 : Structure chimique des acides gallique (A) et ellagique (B) (**Belyagoubi**, 2011).

3.2.2. Tannins condensés

Tannins condensés ou tannins catechiques ou proanthocyanidols qui se différencient fondamentalement des tannins hydrolysables car ils ne possèdent pas de sucre dans leur molécule et leur structure est voisine de celle des flavonoïdes. Il s'agit des polymères flavaniques constitués d'unités de flavan-3-ols liées entre elles par des liaisons carbone-carbone. Les proanthocyanidols ont été isolés ou identifiés dans tous les groupes végétaux, Gymnospermes et Fougères (**Bruneton**, 1999).

3.3. Acides phénoliques

Ce sont des dérivés de benzoïque et d'acide cinnamique. Ils appartiennent à deux groupes, les acides hydroxybenzoïques et les acides hydroxycinnamiques (**Lafayet Gil-izquierdo, 2008**).

3.3.1. Acides hydroxybenzoïques

Ils sont les dérivés de l'acide benzoïque avec une formule de base de type C₆-C₁ (Figure 7). Ils existent, fréquemment, sous forme d'esters ou de glucosides et peuvent également être intégrés dans des structures complexes comme certains tanins (**Gresele et al., 2011**).

L'acide gallique et son dimère (l'acide hexahydroxydiphénique) sont les éléments constitutifs des tannins hydrolysables. Les aldéhydes correspondant à ces acides, comme la vanilline, sont utilisés dans le secteur pharmaceutique (**Bruneton, 1993 ; Lafay et Gil-izquierdo, 2008**).

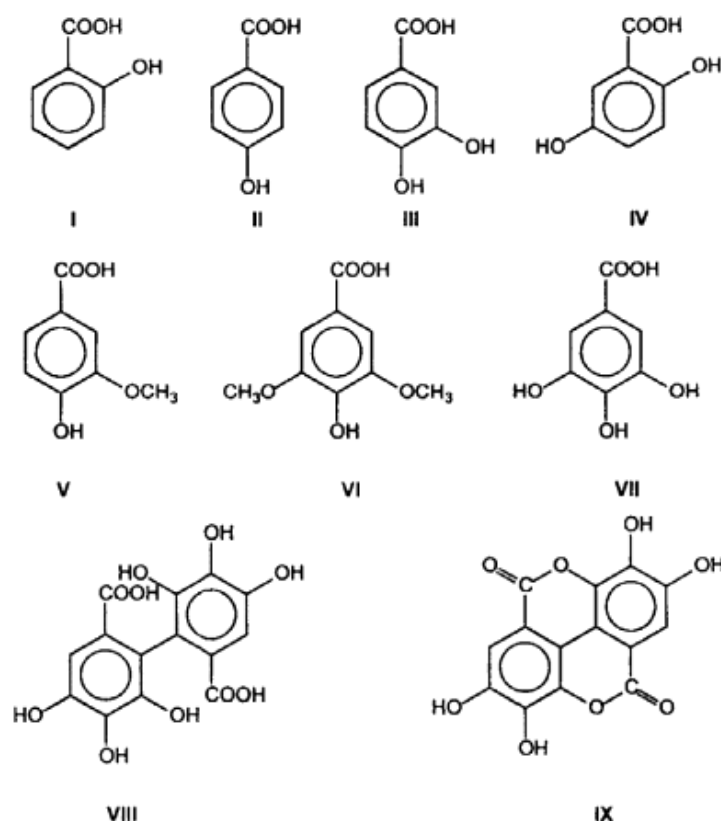
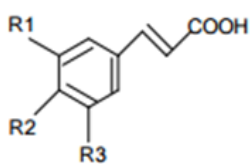


Figure 7 : Exemples d'acides hydroxybenzoïques: I: acide salicylique; II: acide 4-hydroxybenzoïque; III: acide protocatéchique; IV: acide gentisique; V: acide phénique; IX: acide ellagiquedilactone de l'acide gallique) (**Thomas-barberan et Clifford, 2000**).

3.3.2. Acides hydroxycinnamiques et dérivés

Ils représentent une classe très importante dont la structure de base (C6-C3) dérive de celle de l'acide cinnamique. Ces acides sont rarement présents à l'état libre et existent généralement sous forme d'esters (avec le glucose, l'acide quinique, l'acide tartrique...) ou de glycosides (**Lafay et Gil-izquierdo**, 2008; **Bondia-Pons et al.**, 2009).

Tableau 5 : Principaux acides hydroxycinnamiques (**Sarni-Manchado et Cheynier**, 2006).

Structure	R1	R2	R3	Acides phénoliques
	H	H	H	Acide cinnamique
	H	OH	H	Acide p coumarique
	OH	OH	H	Acide caféique
	OCH3	OH	H	Acide <u>férulique</u>
	OCH3	OH	OCH3	Acide sinapique

a. Coumarines

Les coumarines qui sont aussi les dérivés de C6-C3, appartiennent au groupe des composés connus par des benzo- α -pyrone (**O'Kennedy et Thornes**, 1997) et toutes sont substituées en 7 par un hydroxyle. Elles se trouvent dans la nature soit à l'état libre ou bien combiné avec des sucres. Elles sont responsables de l'odeur caractéristique du foin (**Cowan**, 1999).

b. Quinones

Ce sont des composés oxygénés qui correspondent à l'oxydation de dérivés aromatiques avec deux substitutions cétoniques. Elles sont caractérisées par un motif 1,4-dicéto cyclohexa2,5-diénique (para-quinones) ou, éventuellement, par un motif 1,2-dicéto cyclohexa-3,5-diénique (ortho-quinones) (**Bruneton**, 1993). Elles sont ubiquitaires dans la nature, principalement dans le règne végétal et sont fortement réactifs (**Cowan**, 1999).

3.4. Stilbènes

Ces composés sont en très petite quantité dans notre alimentation. Le plus connu d'entre eux est le resvératrol, qui a été largement étudié pour ses propriétés anticancéreuses mises en évidence lors de l'étude des activités biologiques de plantes médicinales (**El Gharra**, 2009).

3.5. Lignanes

Ce sont des composés dont la formation implique la condensation d'unités phénylpropaniques (C6-C3). Leur distribution botanique est large, plusieurs centaines de composés ont été isolés dans environ soixante-dix familles (**Belyagoubi**, 2011).

4. Rôles et propriétés des composés phénoliques

Les recherches récentes sur les composés phénoliques en général et les flavonoïdes en particulier sont très poussées en raison de leurs diverses propriétés physiologiques comme les activités antiallergiques, anti-atherogéniques, anti-inflammatoires, hépatoprotectives, antimicrobiennes, antivirales, antibactériennes, anticarcinogéniques, anti-thrombotiques, cardioprotectives et vasodilatoires (**Middleton et al.**, 2000 ; **Ksouri et al.**, 2007). Ces actions sont attribuées à leur effet antioxydant qui est due à leurs propriétés redox en jouant un rôle important dans la destruction oxydative par la neutralisation des radicaux libres, piégeage de l'oxygène, ou décomposition des peroxydes (**Nijveldt et al.**, 2001).

4.1. Polyphénols

Ils intéressent particulièrement deux domaines la phytothérapie et l'hygiène alimentaire (**Leong et Shui**, 2002). D'après les études multiples attestant de l'impact positif de la consommation de polyphénols sur la santé et la prévention des maladies, les industriels commercialisent maintenant des aliments enrichis en polyphénols ou des suppléments alimentaires. De plus, leur activité antioxydant assure une meilleure conservation des denrées alimentaires en empêchant la peroxydation lipidique. Dans l'industrie cosmétique, les composés phénoliques trouvent leur application pratique en luttant contre la production des radicaux libres néfastes sur la santé et la beauté de la peau. En phytothérapie, même si certaines indications sont communes à plusieurs classes (les propriétés vasculo-protectrices, sont par exemple aussi bien attribuées aux flavonoïdes qu'aux anthocyanes, tanins et autres coumarines), chaque classe chimique semble être utilisée pour des bénéfices spécifiques (**Hennebelle et al.**, 2004).

4.2. Flavonoïdes

Ces composés peuvent empêcher les dommages oxydatifs par différents mécanismes d'actions : soit par capture des radicaux hydroxyles, superoxydes, alkoxydes et peroxydes (**Hodek et al.**, 2002) ; soit par chélation des métaux (le fer et le cuivre) qui sont d'importance majeure dans l'initiation des réactions radicalaires ; soit l'inhibition des enzymes responsables de

la génération des radicaux libres (**Van Acker et al.**, 1996 ; **Benavente-Garcia et al.**, 1997). Ils jouent un rôle très important dans le traitement du diabète (inhibant l'aldose réductase), de la goutte (inhibant la xanthine oxydase), des inflammations (inhibant la lipoxigénase, la phospholipase et la cyclooxygénase), des hépatites, des tumeurs, de l'hypertension (quercétine), des thromboses (flavonols), des allergies et des affections bactériennes et viraux (anti-HIV) (**Anderson et al.**, 1996 ; **Cowan**, 1999 ; **Yao et al.**, 2004). Mais, on attribue également aux flavonoïdes des propriétés neurosédatives, antispasmodiques, diurétiques, anti-œstrogènes (isoflavones), contre la sénescence cérébrale et ses conséquences telle l'altération de la mémoire et la confusion. D'autre part, les citroflavonoïdes (flavonoïdes provenant de divers Citrus) et la fragilité capillaire (insuffisance veino-lymphatique, crise hémorroïdaire) (**Hennebelle et al.**, 2004).

4.3. Anthocyanes

Ils sont également utilisés dans les troubles de la fragilité capillaire (vigne rouge, *Vitisvinifera* L.), mais aussi comme diurétiques, voire même antiseptiques urinaires. Leur plus grande spécificité reste cependant leur propriété d'améliorer la vision nocturne en facilitant la régénération du pourpre rétinien (myrtille, *Vaccinium myrtillus* L. ; cassis, *Ribesnigrum* L.) (**Hennebelle et al.**, 2004). Présente comme des couleurs brillant dans les fruits et les légumes, les anthocyanidines ont montré leur effet inhibiteur de la croissance des lignées cellulaires humaines (**Zhang et al.**, 2005).

4.4. Tanins

Ils sont considérés comme des anti-nutriments grâce aux divers effets nuisibles à savoir la digestion réduite des aliments, la faible biodisponibilité des micronutriments et les dommages du foie (**Chung et al.**, 1998). Ils sont dotés d'un certain pouvoir astringent, par lequel on explique leurs propriétés vasculoprotectrices, cicatrisantes et anti-diarrhéiques (chêne, *Quercus* spp.). Les proanthocyanidines dimères de l'aubépine (*Crataegus* spp.) seraient de bons sédatifs cardiaques (**Hennebelle et al.**, 2004). Concernant le pouvoir antioxydant des tannins, cette propriété est très remarquable due à leurs noyaux phénols et la présence des groupes di- ou trihydroxyles sur le cycle B et les groupes méta 5, 7 dihydroxyles sur le cycle A. Les tannins catéchiques du thé vert : gallate d'épicatéchine, gallate d'épigallocatechine et l'épicatéchine sont des puissants extracteurs des radicaux libres (**Rahman et al.**, 2006), ils inhibent les ions Cu^{2+} qui catalysent l'oxydation des lipoprotéines dans les macrophages in vitro (**Yoshida et al.**, 1999)

4.5. Coumarines

Ils sont utilisées pour leurs propriétés vasculoprotectrices, neurosédatives, diurétiques, stomachiques et carminatives (**Hennebelle et al.**, 2004). Ils ont la capacité de capter les radicaux hydroxyles, superoxydes, et peroxydes. Ils préviennent également la peroxydation des lipides membranaires (**Anderson et al.**, 1996).

4.6. Acides phénols et ces dérivés

Ils sont considérés comme responsables de l'activité cholérétique de l'artichaut et les propriétés antipyrétiques et anti-inflammatoires des dérivés salicylés (**Hennebelle et al.**, 2004). Les composés possédant les activités antioxydantes et antiradicalaires sont l'acide caféique, l'acide gallique et l'acide chlorogénique (**Bossokpi**, 2002). Pour l'acide caféique, il se montre très efficace contre les virus, bactéries et champignons (**Cowan**, 1999). Alors, l'acide gallique a pour pouvoir de réduire la viabilité des cellules cancéreuse du poumon chez les souris in vitro et que la combinaison de cet acide avec les médicaments anticancéreux tels la cisplatine peut être un traitement efficace pour ce type de cancer (**Kawada et al.**, 2003, **Rangkadilok et al.**, 2007). Il peut aussi prévenir les dommages oxydatifs d'ADN cellulaire à une faible concentration et exerce une forte activité antiproliférative tels que la quercétine sur les cellules humaines cancéreuses du colon et les cellules épithéliales du foie chez les rats normaux (**Lee et al.**, 2005).

Certaines **quinones**, dérivant de l'antraquinone, sont des laxatifs stimulants. Elles sont rencontrées dans la bourdaine (*Rhamnus frangula* L.), les sénés (*Cassia* spp.) et les aloès (*Aloes* spp.). D'autres activités antidépressives (hypericin), anti-protozoaires, antivirales, antibactériennes, fongicides et antiallergiques ont été décrites et plusieurs molécules du groupe ont une toxicité non négligeable. (**Bruneton**, 1993 ; **Hennebelle et al.**, 2004)

5. Amande et les composées phénoliques

La composition phénolique de la peau d'amande comprend à la fois des polymères à bas et haut poids moléculaire. Différentes structures phénoliques correspondant aux acides hydroxybenzoïques et aux aldéhydes, aux acides hydroxycinnamiques, aux flavan-3-ols, aux glycosides et aglycones de flavonol, aux glycosides et aglycones de flavanone, aux aglycones de dihydroflavonol et aux stilbènes ont été identifiées dans la peau des amandes (**Frison-Norrie et Sporns**, 2002 ; **Mandalari et al.**, 2010c ; **Monagas, Garrido, Lebrón-Aguilar, Bartolome, et Gómez-Cordovés**, 2007 ; **Xie et Bolling**, 2014). En ce qui concerne les phénols de poids moléculaire élevé, des procyanidines et des propélganidines de type A et B jusqu'aux

héptamères, et des prodelphinidines de type A et B jusqu'aux hexamères ont été signalées (**Garrido, Monagas, Gómez-Cordovés, et Bartolomé, 2008 ; Monagas et al., 2007**). Dans l'amande et ses coproduits, **Wijeratne, marowicz et Shahidi (2006)** ont démontré la présence d'acides caféique, *p-coumarique*, férulique et sinapique. Il a été démontré que la coque d'amande est une riche source de trois triterpénoïdes (environ 1 % de la coque), soit les acides bétulinique, urosolique et oléanolique (**Takeoka et al., 2000**), ainsi que les flavonol glycosides et les acides phénoliques (**Sang et al., 2002**). De plus, **Sang et ses collaborateurs (2002)** ont démontré la présence de catéchine, d'acide protocatéchoïque, d'acide vanillique, d'acide *p*-hydroxybenzoïque et de glucoside de naringénine, ainsi que de galactoside, glucoside et rhamnoglucoside de 3 β -Omethylquercetin et rhamnoglucoside de kaempferol sur la peau des amandes. La torréfaction a considérablement augmenté la teneur en polyphénols et l'activité antioxydant de l'extrait de peau d'amande par rapport au blanchiment et au séchage au four (**Garrido et al., 2008**), probablement due à la réaction de dégradation des polyphénols polymérisés (**Yu, Ahmedna, Goktepe, et Dai, 2006**), à l'hydrolyse des flavonoïdes glycosylés (**Rohn, Buchner, Driemel, Rauser, et Kroh, 2006**), et à la décomposition des aglycones (**Buchner, Krumbein, Rohn, et Kroh, 2006**).

6. Avantages des amandes sur la santé

Un extrait d'eau blanchâtre d'amande a été incorporé dans un traitement cutané pour prévenir l'érythème induit par les ultraviolets (UV)-B chez les humains (**Mandalari et al., 2013**). L'application d'un extrait d'eau blanchâtre à 2 % dans une émulsion huile-dans-eau a réduit de 50 % l'érythème induit par les UV, tandis que le témoin positif d'acétate de tocophéryle a réduit l'érythème de 22 % (**Mandalari et al., 2013**). La peau d'amande ou son extrait riche en polyphénols ont été appliqués à des modèles animaux de maladies. La consommation de 50 mg/kg de poids corporel (p.c.) d'extrait de polyphénol de peau d'amande a augmenté la résistance à l'oxydation des LDL *ex vivo* du hamster (**Chen et al., 2005**).

La consommation de 30 mg/kg p.c. de peau d'amande a réduit l'inflammation après une lésion de la moelle épinière chez des souris CD1 (**Mandalari et al., 2011a, 2011b**). Cependant, la peau d'amande appauvrie en polyphénols obtenue après blanchiment de l'amande entière ne confère pas de protection dans le même modèle (**Mandalari et al., 2011b**). La même dose de 30 mg/kg p.c. de peau d'amande a réduit les symptômes de colite et les cytokines coliques après l'injection rectale d'acide dinitrobenzène sulfonique chez des souris CD1 (**Mandalari et al., 2011a**). Un gavage oral de 10 mg/kg de procyanidines isolées de peau d'amande à des souris a réduit l'hépatotoxicité induite par l'acétaminophène (**Truong et al., 2014**).

Mandalari et ses collaborateurs (2010b) ont évalué le potentiel prébiotique de la peau d'amande à l'aide d'une digestion gastrique et duodénale *in vitro*, suivie d'une fermentation colique par cultures bactériennes fécales mixtes. Leurs résultats ont montré que la peau d'amande présentait le potentiel d'être utilisée comme nouvelle source de prébiotiques, augmentant les populations de bifidobactéries et de *Clostridium coccoides/Eubacterium rectale* et diminuant le nombre du groupe *Clostridium hystolyticum*. **Mandalari** et ses collaborateurs (2010a) ont démontré que les fractions de peau d'amande inhibaient les bactéries gram positives (*Staphylococcus aureus* et *Listeria monocytogenes*), la peau brute étant plus active que la peau blanchie. **Liu** et ses collaborateurs (2014b) ont évalué les effets prébiotiques de l'ingestion de peau d'amande et d'amande chez des humains sains. L'ingestion de peau d'amande et d'amande peut conduire à une amélioration du profil microbiotique intestinal et à une modification des activités bactériennes intestinales, en induisant des changements dans les activités enzymatiques bactériennes, notamment une augmentation significative de l'activité fécale β -galactosidase et une diminution des activités fécales β -glucuronidase, nitroreductase et azoreductase, qui induiront la promotion des facteurs favorables à la santé et l'interdiction des facteurs nuisibles. En fait, la présence de divers flavonoïdes et acides phénoliques peut contribuer aux propriétés prébiotiques de la peau d'amande (**Mandalari**, 2012 ; **Mandalari et al**, 2010a, 2010b, 2010d).

III. Réaction de Maillard

1. Introduction

Le processus de torréfaction est effectué pour enlever les pellicules de noyaux, inactiver les enzymes, détruire les micro-organismes et réduire l'eau activité (**Ozdemir et al.**, 2001); de plus, la torréfaction est utilisée pour améliorer la couleur, la texture croustillante et la saveur de la produit (**Burdack-Freitag et Schieberle**, 2010). Le traitement thermique appliqué pendant les processus de torréfaction conduit à des changements physiques comme la déshydratation (**Amaral, Casal, Seabra et Oliveira**, 2006), modifications de couleurs (**Alamprese, Ratti et Rossi**, 2009), biochimique changements incluant la modification de la structure lipidique (**Amaral et al.**, 2006) et réactions de Maillard donnant lieu à des composés de pyrazines associé au développement d'une saveur typique de torréfaction (**Saklar, Katnas, et Ungan**, 2001). les modifications microstructurale et lipidique pourraient conduire à une susceptibilité accrue aux lipides oxydation des noix grillées (**Alamprese et al.**, 2009) par rapport à noix brutes. Changements également dans la teneur en métabolites (par exemple, antioxydants) peut être dû à la torréfaction (**Amaral et al.**, 2006). Donc, le processus de torréfaction peut influencer à la fois la formation de promotion de la santé composants de noix et ceux avec potentiellement défavorable effets sur la santé. Jusqu'à présent, seules quelques études ont élucidé l'influence de la torréfaction sur la composition des noix en ce qui concerne propriétés favorables à la santé ou potentiellement nocives (**Schlormann et al.**, 2015)

2. Historique

La réaction de Maillard a été signalée pour la première fois en 1912 par **Louis-Camille Maillard**, qui a décrit qu'en chauffant doucement les sucres et les acides aminés dans l'eau, une couleur jaune-brun se développe. La réaction qui conduit à ces composés colorés, d'abord décrite à partir d'une simple observation, est en fait le résultat d'une voie complexe de réactions chimiques. La réaction de Maillard est souvent décrite dans les systèmes alimentaires, mais elle se produit aussi dans les organismes vivants, et dans ce cas, elle est appelée glycation (**Bastos et al.**, 2012).

3. Mécanisme de la réaction de Maillard

La réaction de Maillard se produit dans pratiquement tous les aliments et plus spécifiquement dans les aliments qui sont traités thermiquement. Elle met en œuvre des

composés contenant une fonction amine (acides aminés, protéines, peptides et même l'ammoniaque) et des sucres réducteurs (glucose, ribose, fructose, xylose,...).

Depuis 1940, les réactions amino-carbonyles et les pigments de brunissement qui en résultent ont été étudiés par de nombreux chimistes. En 1953, **Hodge** a proposé un schéma en trois étapes (initiale, avancée et finale) pour la réaction de Maillard (figure 8) (**Nursten**, 2005).

L'étape initiale commence à partir des systèmes d'amines de sucre conduisant à la génération de pigments de brunissement. Des composés incolores d'Amadori sont formés à ce stade, et une teneur accrue en composés carbonylés insaturés est observée.

L'étape intermédiaire, les propriétés de fluorescence et d'absorption du rayonnement du système augmentent en raison de la formation de petites molécules avec les chromophores. Les aldéhydes formés par la dégradation des acides aminés Strecker peuvent se condenser soit avec eux-mêmes, soit avec des fragments de sucre, des furfurals ou d'autres produits de déshydratation formant des pigments bruns. Bien que la voie de Strecker ne soit pas la principale réaction génératrice de couleur, elle est responsable de l'origine des saveurs étrangères habituellement associées au brunissement de Maillard.

L'étape finale est caractérisée par la formation de polymères azotés bruns insaturés (mélanoïdes) qui peuvent également être générés par la réaction de condensation de furfurals ou de déhydroréductones (**Finot**, 2005 ; **Hodge**, 1953 ; **Morales** et **Van Boekel**, 1997).

La réaction de Maillard se produit dans les systèmes biologiques et les produits finaux sont appelés Advanced Glycation End Products (AGEs). Les AGE sont un groupe hétérogène de composés qui apparaissent de manière non enzymatique par la réaction du sucre réducteur et d'autres composés carbonylés α avec des groupes amino sur les protéines, lipides et acides nucléiques. En fait, la glycation en les organismes vivants ont d'autres voies liées au métabolisme du glucose et à la peroxydation des lipides, dont les produits sont appelés produits finaux de lipoxydation avancée (ALE) (**Goldberg et al.**, 2004 ; **Nass et al.**, 2007).

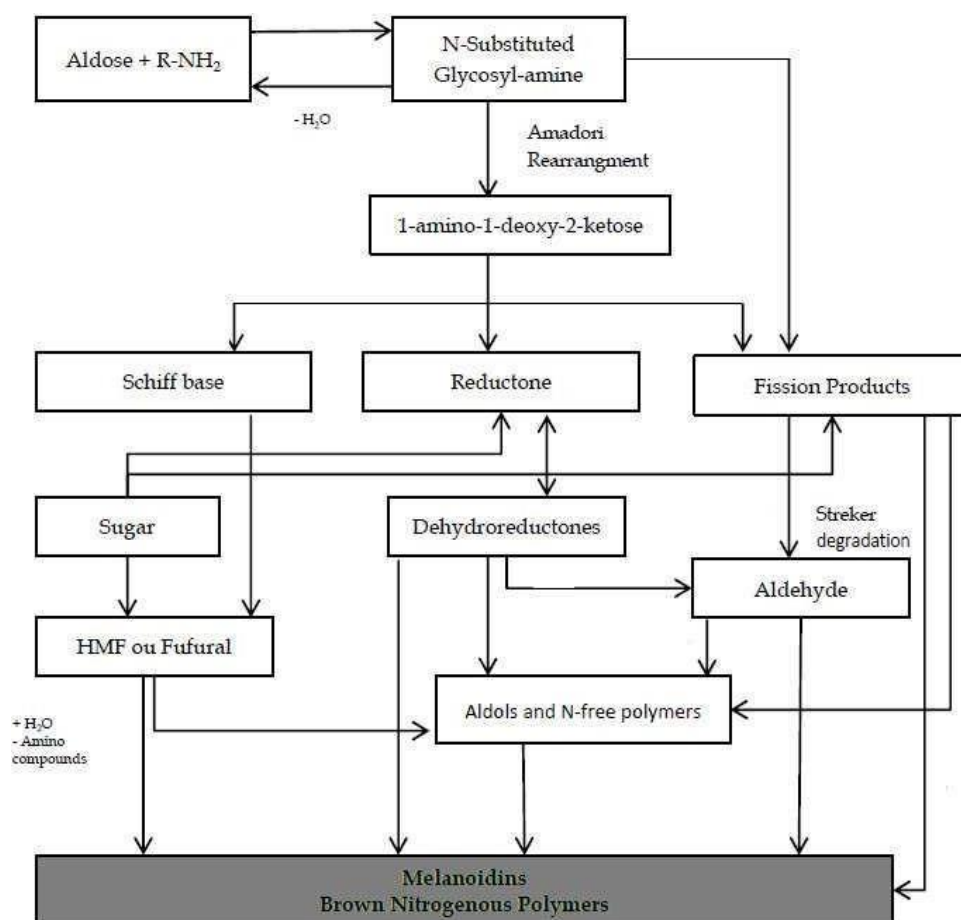


Figure 8 : Principales étapes de la réaction de Maillard proposées par Hodge (adapté de Nursten, 2005).

4. Rôle des produits de la réaction de Maillard dans l'acceptabilité des aliments

La réaction de Maillard est l'une des réactions les plus importantes résultant de la transformation des aliments. Les produits de réaction Maillard (PRM) influencent grandement les attributs essentiels de la qualité des aliments tels que la saveur, l'arôme, la couleur et la texture. En fait, cette réaction peut être utilisée pour concevoir des aliments qui présentent des attributs sensoriels demandés par le consommateur (Ames, 1990 ; Yu et Zang, 2010).

4.1. Couleur

La formation de la couleur est la caractéristique principale de la réaction de Maillard. Au cours de la dernière décennie, des efforts ont été déployés pour détecter la cinétique de la

réaction de Maillard et le taux de formation des composés colorés, principalement à l'aide de systèmes modèles. Le développement de la couleur brune pendant la transformation et l'entreposage est souhaitable pour de nombreux produits tels que les aliments cuits au four, le café, les biscuits, mais indésirable dans certains types de produits alimentaires (jus d'orange, chocolat blanc, lait et œufs en poudre). La prédiction et le contrôle du développement des colorants alimentaires sont particulièrement importants pour les entreprises afin de satisfaire les préférences des consommateurs, car une gamme complexe de mélanoides produites par la réaction de Maillard dépend fortement de la composition de la matrice alimentaire ainsi que des conditions technologiques de la réaction (**Wang et al.**, 2011). La mélanoidine peut également être formée par caramélisation du sucre sans la participation de groupes amine.

La présence des mélanoidines, pigments bruns à haut poids moléculaire contenant de l'azote brun, répond à la couleur caractéristique des aliments grillés comme le café, le cacao, le pain et le malt. Bien que les structures chimiques et les effets sur la santé de ces composés produits à la fois dans les aliments et dans les systèmes modèles soient étudiés depuis plus de 30 ans, les effets sur la santé ne sont pas bien compris, principalement parce que leur biodisponibilité dépend de plusieurs paramètres, dont le métabolisme du microbiote intestinal. Malgré le manque de connaissances générales, la corrélation positive entre la teneur en mélanoides des aliments et l'activité antioxydante est bien documentée dans la littérature (**Deborah et al.**, 2012).

4.2. Goût et arôme

Le développement de la saveur et de l'arôme dû à la réaction de Maillard dépend de la température de réaction, du temps, du pH, de la teneur en eau et du type de sucres et d'acides aminés impliqués (**Yu et Zhang**, 2010 ; **Van Boekel**, 2006). Dans la plupart des cas, le premier facteur mentionné influence les paramètres cinétiques, tandis que le second détermine le type de composés aromatiques formés. Les étapes intermédiaires et finales de la réaction de Maillard sont les plus importantes pour le développement de l'arôme, en particulier l'étape dite de dégradation de Strecker, dans laquelle les acides aminés sont dégradés par les dicarbonyls formés précédemment dans la réaction, conduisant à la désamination et la décarboxylation des acides aminés (**Ames**, 1990 ; **Rizzi**, 2008).

Les produits volatils de la réaction de Maillard peuvent être classés selon les produits de déshydratation/fragmentation du sucre comme furannes, pyrones, cyclopentènes, carbonylset acides ; les produits de dégradation des acides aminés comme aldéhydes et composés soufrés ;

et les volatils produits par d'autres interactions comme pyrroles, pyridines, imidazoles, pyrazines, oxazoles, thiazoles et autres. Les pyrazines et les alkylpyrazines sont associées à la saveur et à l'arôme des aliments cuits (rôtis) et des noix, respectivement. Les alkylpyridines confèrent aux aliments une saveur et un arôme verts, amers, astringents et brûlés, et les furannes, furanones et pyranones des arômes et saveurs sucrés, brûlés, piquants et de type caramel (**Deborah et al.**, 2012).

Les composés essentiels à la saveur et à l'arôme caractéristiques des produits alimentaires sont généralement présents à l'état de traces. Les composés aromatiques contenant de l'oxygène 2,3-butanedione, 2,3-pentanedione, méthylpropanal, 3-méthylbutanal, phénylacétaldéhyde, 3-hydroxy-4,5- diméthyl-2(3H) furanone et 2,5-diméthyl- 4-hydroxy-3(2H)-furanone ont des concentrations comprises entre 1µg/kg et 100 mg/kg. Les composés aromatiques azotés 2-éthyl-3,5-diméthylpyrazine, 2,3-diéthyl-5-méthylpyrazine et 2-acétyl-1-pyrroline sont présents dans les aliments dans une proportion de 0,001-10 mg/kg. Dans l'ensemble, les odeurs de Maillard contenant du soufre constituent les composés aromatiques les plus puissants et jouent souvent, bien qu'à l'état de traces, un rôle dominant dans la saveur des charcuteries. Ces composés volatils sont responsables de la saveur et de l'arôme du jus de boeuf cuit, de la truite bouillie, des frites, de la croûte de pain, du poulet cuit, du poulet rôti, du boeuf bouilli, de la poudre de cacao, des arachides, du pilsner, du boeuf grillé, du pop-corn et du café (**Cerny**, 2008).

Les composés aromatiques liés à la viande sont principalement des composés contenant du soufre, dérivés de la cystéine et du ribose (provenant de nucléotides), tandis que la proline, un acide aminé, donne naissance aux arômes typiques du pain, du riz et du maïs soufflé. Les mélanges contenant de la cystéine semblent avoir l'odeur de viande et de soufre la plus intense. L'autre soufre contenant des acides aminés, la méthionine, génère une odeur très intense de pommes de terre et est utilisé, dans l'industrie alimentaire, pour améliorer la saveur douce des pommes de terre. Les mélanges contenant des acides aminés autres que la cystéine ou la méthionine en combinaison avec des sucres réducteurs se caractérisent principalement par une odeur de caramel et de confiture (**Stanimirova et al.**, 2011 ; **Van Boekel**, 2006).

L'industrie alimentaire investit beaucoup d'efforts pour essayer de créer des arômes et des saveurs synthétiques en reconstituant des combinaisons de ces composés. Le processus de création d'arômes synthétiques est limité puisque les subtilités de la perception des arômes sont nombreuses et variées, et bien que Electronic Noses puisse détecter ces composés, la perception

sensorielle humaine est considérée essentielle pour valider les données instrumentales (**Gerrard**, 2002a ; **Schaller et al.**, 1998).

4.3. Texture

La définition des textures est complexe et un accord général s'est dégagé, fruit des efforts d'un certain nombre de chercheurs (**Deborah et al.**, 2012). Selon **Szczesniak** (2002), " la texture est la manifestation sensorielle et fonctionnelle des propriétés structurales, mécaniques et superficielles des aliments détectées par les sens de la vue, de l'ouïe, du toucher et de la cinesthésie ".

La réaction de Maillard influence la texture des aliments par réticulation des protéines. La manipulation de l'étendue et de la nature de la réticulation de ces protéines au cours de la transformation des aliments offre un moyen par lequel l'industrie alimentaire peut modifier les propriétés fonctionnelles des aliments. Malgré cela, on ne sait pas encore dans quelle mesure la réticulation des protéines affecte la texture des aliments transformés et comment contrôler ce paramètre pour maximiser la qualité des aliments (**Gerrard**, 2002b). La réticulation des protéines par la réaction de Maillard affectera non seulement la texture, mais aussi la digestibilité des protéines.

5. Facteurs influents

Plusieurs facteurs influent sur la vitesse et les voies de réaction la température, le pH, l'activité de l'eau, la présence de certains sels et vitamines.

La température est certainement le facteur le plus influent par sa participation dans l'équation d'Arrhénius. Cet effet dépend bien sûr de l'énergie d'activation de la réaction. Ces réactions sont favorisées par un pH alcalin, avec un optimum à pH 10, du fait de la réactivité de l'amine libre sous sa forme basique (**Ajandouz et al.**, 1999). L'étude de **Renn et Sathe** (1997) montre que le taux de réaction du glucose augmente également lorsque le pH augmente. La protonation de la fonction amine, à pH inférieur au pKa du composé aminé est souvent évoquée pour expliquer l'effet du pH sur la vitesse de réaction : la nucléophilie de la fonction amine est diminuée par la protonation. Mais cet effet du pH sur la vitesse de réaction dépend également d'autres paramètres réactionnels tels que la température (**Clotet et al.**, 1994). En plus de modifier la vitesse de réaction, le pH modifie également le profil des composés formés. La réaction de Maillard en milieu alcalin entraîne la formation de pyrazines là où des pH bas favorisent la formation de furfural, de 5- hydroxyméthylfurfural ou de methional (**Yaylayan**,

1990). La réaction de Maillard se développe de façon intense lorsque la teneur en eau est faible avec un maximum pour des activités d'eau comprises entre 0,55 et 0,75. En effet, aux fortes teneurs en eau, de fait de la loi d'action des masses, la première étape de réaction étant une déshydratation, l'effet de dilution des réactants entraîne une limitation de la réaction. Aux très faibles teneurs en eau en revanche, la solubilité des réactants est réduite ce qui entraîne un ralentissement de la réaction (**Ames et al.**, 1993).

6. Réactants

L'initiation de la réaction de Maillard dépend de plusieurs paramètres, tels que la nature des sucres, la nature de la source aminée et les conditions physico-chimiques. De manière générale, les pentoses provoquent un brunissement plus important que les hexoses. **Assoumani et al.**, (1993) ont montré que l'intensité du brunissement associé à un blocage donné de lysine est plus élevée avec les pentoses, qu'avec les hexoses. Les sucres de petite taille sont de meilleurs substrats car ils pénètrent plus aisément au sein des protéines. Par ailleurs, **Dills** (1993) rapporte que la vitesse de réaction de la première étape semble plus élevée avec les cétooses qu'avec les aldoses. Le saccharose, bien qu'étant un sucre non réducteur, subit également la réaction de Maillard. En effet, il est hydrolysé lors du chauffage. Le glucose et le fructose ainsi libérés peuvent ensuite intervenir dans la réaction de Maillard (**Buera et al.**, 1987). Il existe d'autres molécules avec des fonctions réductrices pouvant entrer dans les réactions de Maillard. **Arnoldi et al.**, (1990) ont établi que les lipides peroxydés forment des aldéhydes pouvant réagir avec les acides aminés pour donner des bases de Schiff. **Yen et Lai** (1987) ont étudié l'effet de l'addition de certains antioxydants : l'acide ascorbique ou tocophérol provoque une baisse du blocage de la lysine disponible dans un système modèle caséinelactose. Par contre, des études récentes ont montré que l'acide ascorbique semble être un précurseur de la CML beaucoup plus efficace que le glucose. En effet, l'ascorbate oxydé présente deux fonctions carbonyles réactives sur la lysine des protéines (**Leclère et al.**, 2002). En 2004, **Birlouez-Aragon et al.**, ont soulevé le problème de la présence de CML en concentrations importantes dans les laits infantiles, en raison de la présence simultanée de fer et de vitamine C dans ces aliments. **Ashoor et Zent** (1984) ont étudié la réaction de Maillard en fonction des acides aminés communs. Les plus réactifs sont la lysine, la glycine et la méthionine, les moins réactifs étant la cystéine, l'acide glutamique et l'asparagine. Il convient de rappeler que les principales sources aminées de la réaction de Maillard sont des protéines, leurs fonctions amines en formant des liaisons peptidiques. Les seuls substrats sont alors les

acides aminés en position N-terminale ou ayant une fonction amine sur leur chaîne latérale : la lysine, l'arginine et l'histidine. Il paraît difficile de dresser une relation structure / réactivité des acides aminés : différents acides aminés basiques peuvent avoir des réactivités variables. Par ailleurs, en considérant la vitesse de disparition de l'acide aminé, **Ajandouz et Puigserver** (1999) ont montré que la thréonine qui développe un faible brunissement est l'acide aminé le plus réactif après la lysine. Ces mêmes auteurs ont également souligné l'influence du pH sur la réactivité de l'acide aminé : cette dernière est élevée lorsque le pH réactionnel est proche du pKa du groupement aminé. Ainsi à pH 9, lysine, arginine et thréonine ont une réactivité comparable.

IV. Matériels et méthodes

1. Objectif

L'objectif escompté à travers cette étude est d'évaluer l'impact des températures de torréfaction sur les qualités physicochimiques et nutritionnelles des amandes commerciales ainsi que de valoriser les composés phénoliques dans d'autres perspectives alimentaires.

2. Matériels

2.1. Lieu de travail

Notre travail a été effectué au niveau des laboratoires ; biochimie, chimie, et protection des plantes de la faculté SNV de l'université de Mostaganem, sur une période allant de février jusqu'au mois de juin.

2.2. Matériels végétale

2.2.1. Amandes

Les échantillons de notre expérimentation ont été colligés de deux différents endroits ; pour les amandes amères la provenance était de Ain TEMOUCHENT et plus précisément de Ain El-Arbaa par contre les amandes douces ont été achetées du marché couvert de Mostaganem.

a. Présentation des amandes

- **Amande amère (AA)**

Les amandes amères analysées dans cette étude sont des amandes appartenant à une sous espèce *Prunus amygdalus* var *amarus*.

Elles ont été prélevées dans la région d'Ain El-Arbaa de la wilaya d'Ain TEMOUCHENT.

- **Amande douce (AD)**

A des fins de comparaisons, des amandes douces ont été achetées du marché couvert (Ville Mostaganem– Algérie) et analysées dans les mêmes conditions que celles des amères.

b. Processus de torréfaction

Les amandes (douce et amère) ont été réparties en quatre (4) parties ; chaque pesée est de 100g. Trois pesées de celles-ci ont été utilisées pour la torréfaction tandis que la quatrième a été utilisée comme témoin pour comparer l'effet de différentes températures.

- **Conditions de torréfaction**

La torréfaction des amandes a été réalisée dans une étuve (Mermert) à 140, 150 et 160° C pendant 20 min.

Dans ce traitement, chaque échantillon a été étalé dans un récipient en porcelaine placé au centre de l'étuve. Les noyaux torréfiés ont été refroidis dans des dessiccateurs, broyés et conservés dans des boîtes en plastique hermétiquement fermées jusqu'à d'autres utilisations.

c. Nomenclature des échantillons

Pour les amandes amères

AA T0°C	: Cela signifie les amandes amères non traitées (non torréfiées)
AA T140°C	: Cela signifie que les amandes amères sont torréfiées à 140°C.
AA T150°C	: Cela signifie que les amandes amères sont torréfiées à 150°C.
AA T160°C	: Cela signifie que les amandes amères sont torréfiées à 160°C.

Pour les amandes douces

AA T0°C	: Cela signifie les amandes douces non traitées (non torréfiées)
AA T140°C	: Cela signifie que les amandes douces sont torréfiées à 140°C.
AA T150°C	: Cela signifie que les amandes douces sont torréfiées à 150°C.
AA T160°C	: Cela signifie que les amandes douces sont torréfiées à 160°C.

2.2.2. Préparation de la viande

Après avoir acheté la viande, on la passe au hachoir. La viande hachée est divisée en 3 parties, citées successivement. La 1^{ère} partie incorporée avec les amandes douces à des concentrations différentes 5%, 10% et 15%. La 2^{ème} partie incorporée avec les amandes amères à des concentrations différentes 5%, 10% et 15%. La 3^{ème} partie la viande hachée n'est pas mélangée aux amandes, utilisée comme témoins.

3. Méthodes

3.1. Caractéristiques physicochimiques des amandes (douces et amères)

3.1.1. Détermination de la teneur en eau

La teneur en eau du noyau est déterminée par la méthode « NF T 60-305, Juin (1976) » normalisée, décrite par **AFNOR** (1982) et qui consiste en un étuvage de l'échantillon à raison d'un gramme d'amande (douce et amère) à $105 \pm 05^\circ\text{C}$.

Les capsules vides sont séchées à l'étuve pendant 20 min à $105 \pm 05^\circ\text{C}$; avec une précision de 0,001g, un gramme d'échantillon est pesé dans chaque capsule avant d'être placé à l'étuvage à $105 \pm 05^\circ\text{C}$ durant 16 heures. Les capsules sont retirées de l'étuve puis placées dans le dessiccateur ; elles sont pesées après refroidissement. L'opération est répétée jusqu'à l'obtention d'un poids constant (en réduisant la durée du séchage à 30 min).

La teneur en eau est déterminée selon la formule suivante

$$H\% = [(M_1 - M_2) / P \times 100]$$

Où :

H% : Humidité.

M₁ : Masse de l'ensemble (capsule + matière fraîche avant étuvage).

M₂ : Masse de l'ensemble après étuvage.

P : Masse de la prise d'essai.

La matière sèche est obtenue selon la formule suivante :

$$MS\% = 100 - H\%$$

3.1.2. Détermination de la teneur en cendres

La teneur en cendre est déterminée selon la méthode **AOAC (2000)**.

Le principe de la méthode est basé sur la calcination de l'échantillon à 700°C dans un four à moufle jusqu'à obtention de cendres blanchâtres de poids constant.

Un gramme de l'échantillon est placé dans une capsule en porcelaine qui est mise par la suite dans un four réglé à $700 \pm 5^\circ\text{C}$ durant 4 heures jusqu'à l'obtention d'une couleur grise claire ou

blanchâtre. La capsule est ensuite retirée du four, refroidie dans un dessiccateur puis pesée. La teneur en cendre (Cn) est déterminée par la formule suivante :

$$\text{Cn \%} = ((M_1 - M_0)/P) * 100$$

Où :

Cn% : Teneur de cendre en pourcentage.

M₁ : Poids du creuset + l'aliquote après calcination.

M₀ : Poids du creuset vide.

P : Masse Prise d'essai.

3.1.3. Détermination du pH

La détermination du pH a été faite selon la méthode NF 05-108 (1970) décrite par **AFNOR (1980)**. Le principe de cette méthode est basé sur une détermination en unité de pH de la différence du potentiel existant entre deux électrodes en verre plongés dans un extrait aqueux du noyau d'amande broyée.

Une prise d'essais (2g) d'échantillon est placée dans un bécher, multiplié de trois son volume d'eau distillée. Après un chauffage au bain marie pendant 1H à 70°C, et en remuant de temps en temps avec une baguette en verre.

Pour la détermination du pH, un volume du produit suffisamment important est utilisé pour permettre l'immersion complète des électrodes dans la solution.

3.1.4. Extraction et dosage des lipides

La quantité des lipides a été extraite d'amandes broyées. La méthode d'extraction utilisée c'est l'extraction par Soxhlet (**AOAC 920.39C**). Le principe de la méthode est basé sur l'extraction des lipides des amandes par l'éther de pétrole, utilisé comme solvant.

Un ballon de 250 ml est séché à 105°C pendant une heure, refroidi au dessiccateur pendant 30min puis pesé à une précision de 0,001g. Environ 5 g de chaque échantillon a été introduit dans des cartouches du Soxhlet et placés à l'intérieur de l'extracteur en utilisant 200 ml d'éther de pétrole. Les ballons sont ensuite chauffés pendant 4 heures jusqu'à épuisement de la matière grasse. Après l'évaporation rotative le solvant sera éliminé. Le résidu récupéré du ballon est séché dans une étuve à 80 ± 0,5 °C. Après refroidissement au dessiccateur pendant 30 min, les ballons contenant les lipides sont pesés à 0,001 g de précision.

La teneur en lipide (MG) est obtenue par la formule suivante :

$$\text{MG}\% = [(P_2 - P_1)/P_0] * 100$$

Où :

MG% : pourcentage de la matière grasse.

P₀ : masse de la prise d'essai en (g).

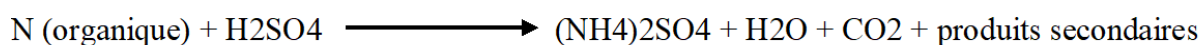
P₁ : masse du ballon vide en (g).

P₂ : masse du ballon contenu des huiles extraites en (g).

3.1.5. Dosage des protéines (azote total)

Le dosage de l'azote total a été basé sur la méthode de type micro-Kjeldahl utilisant un catalyseur au Sélénium. Selon le procédé suivant : la minéralisation ; première étape du dosage, consiste à dénaturer les protéines. Les liaisons peptidiques cassées, vont libérer les acides aminés, transforme l'azote organique en azote minéral. Tous cela se fait à chaud en présence de 0.5g de matière sèche et 2g de catalyseur CuSO₄ (Sulfate de cuivre), K₂SO₄ (Sulfate de Potassium) et Se (sélénium) additionnés à 20ml d'acide sulfurique (H₂SO₄) pur. Puis les laisser en contact pendant une demi-heure. Le mélange a été porté à 350 °C dans un bloc de digestion, après 30 à 60 mn le mélange vire du noir vers le vert clair.

L'ébullition de la matière végétale en présence de l'acide sulfurique (H₂SO₄) concentré va entraîner une oxydation de la matière organique et une transformation de l'azote protéique en sulfate d'ammonium, selon la réaction suivante :



L'acide sulfurique sert également à piéger l'ammoniac gazeux sous forme de sulfate d'ammonium, par action de la base avec l'acide. Après refroidissement de la solution, le mélange a été ajusté à 100ml.

La deuxième étape nommée « distillation » consiste à mélanger 20ml de l'échantillon et 20ml de soude (NaOH 30 à 33%) dans un ballon. L'addition de NaOH va entraîner une libération de l'ammoniac sous forme de sel (NH₄)₂SO₄.

L'ammoniac est ensuite entraîné par la vapeur d'eau. Le distillat est récupéré dans un bécher de 50ml contenant 20ml d'acide borique. Le volume doit être compris entre 30 et 40ml. L'ammoniac réagissant avec l'acide borique pour former des sels de « borates d'ammonium ».

Lorsqu'on ajoute du NaOH, l'ion NH_4^+ (ammonium) est converti en NH_3 (gaz ammoniac); étant volatile. Le NH_3 récupéré après distillation dans un milieu acide (H_3BO_3) va reprendre la forme d'ion NH_4^+ .

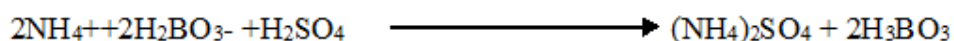


La dernière étape consiste à faire « la titration » de l'ammoniac, qui est capturé par l'acide borique formant ainsi un complexe d'ammonium borate selon la réaction suivante :



Ammoniac + Acide borique $\longrightarrow$ Complexe d'ammonium borate + Acide borique

La titration acido-base se fait par l'utilisation de l'acide sulfurique dilué N/20, et le complexe ammonium borate. La couleur de la solution obtenue vire du vert à la couleur initiale d'acide borique.



Complexe d'ammonium borate + acide sulfurique $\longrightarrow$ sulfate d'ammonium + Acide borique

Afin d'éliminer l'azote provenant des réactifs, un blanc a été réalisé dans les mêmes conditions sans l'ajout d'échantillon.

A travers l'ammoniac présent dans la solution, on peut calculer la quantité d'azote initialement contenue dans l'échantillon.

La teneur d'azote est donnée par la loi suivante :

$$\text{N}\% = v * 7 \cdot 10^{-4} * (V/V_0) * 100/P.$$

Où :

v: volume H_2SO_4 (N/20).

7.10^{-4} : volume H_2SO_4 (N/20) (pour 1 ml de H_2SO_4).

V : volume de L'échantillon (=100ml).

V_0 : volume de la prise d'essai (=20ml).

P : poids de l'échantillon.

3.2. Étude de l'activité antioxydant des amandes (douces et amères)

3.2.1. Extraction et dosage

a. Extraction

Pour l'extraction des composées phénoliques, le protocole d'extraction de **Ciemniewska-Z_tkiewicz et al.**, (2015b) a été utilisé.

Afin d'enlever les graisses des amandes (amères et douces) torréfiées et non torréfiées, l'hexane a été utilisé dans ce but à raison de 6g pour 120ml, agiter pendant 24h. Les solutions obtenues ont été filtrées sous vide.

3g des résidus ont été mélangés à une solution éthanolique à (4v/v) mis dans un bain ultrason à 40°C pendant 15 minutes.

Une ultracentrifugation à 3500 tr/min a été effectuée pendant 15 minutes. Les surnageants sont recueillis et les résidus obtenus ont été réutilisés pour une éventuelle autre extraction dans les mêmes conditions. Les surnageants ont été rassemblés et ont subi une évaporation rotative. La séparation étant faite on récupère le résidu du ballon réceptif, on lui rajoutant 2ml de solution méthanolique à (v/v). Chaque extraction a été réalisée deux fois pour chaque rôissage et les extraits ont été conservés à -18 ° C jusqu'à utilisation.

b. Dosage des polyphénols totaux

Les composées phénoliques totaux (TPC) des extraits a été évalué par la méthode de Folin-Ciocalteu (**Singleton et Rossi**, 1965).

En bref, 100 µL de chaque extrait ont été ajoutés à 500 µl réactif Folin-Ciocalteu et 6 ml d'eau distillée. Deux millilitres de Na₂CO₃ à 15% a été ajouté et le mélange a été de nouveau agité pendant 30 s. Enfin, la solution a été rajustée à 10 ml en ajoutant de l'eau distillée. Au bout de 2 h, l'absorbance à 750 nm a été mesurée. Le contenu phénolique a été calculé à partir de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique (de 25 à 1000 mg / ml).

Les absorptions ont été mesurées en 2 répétitions pour chaque extrait et les résultats ont été exprimés en mg EAG / 100 g d'amande matière sèche.

c. Dosage des flavonoïdes

La détermination de la concentration en flavonoïdes totaux on utilisant La méthode du trichlorure d'aluminium.

Le principe de la méthode est base sur le fait que les flavonoïdes possèdent un groupement hydroxyle (OH) libre, en position 5 qui susceptible de donner, avec le groupement (CO) un complexe coloré avec le chlorure d'aluminium, les flavonoïdes forment des complexes jaunâtres par chélation des métaux (fer et aluminium). Ceci traduit le fait que le métal (Al) perd deux électrons pour s'unir à deux atomes d'oxygène de la molécule phénolique agissant comme donneur d'électrons.

Pour quantifier les flavonoïdes totaux dans les différents extraits d'amandes, la méthode du trichlorure d'aluminium AlCl₃ (**Chang et al.**, 2002) est adoptée. Elle consiste à utiliser un volume d'AlCl₃ (2 %) dilué dans le méthanol. Rajouté à un même volume d'extrait. Le composé obtenu est incubé à l'ombre à la température ambiante pendant 10 minutes, et la densité optique a été lue à 430 nm.

Une courbe d'étalonnage de la rutine est tracée pour quantifier les flavonoïdes. Deux lectures ont été faites par échantillon et les expressions des résultats ont été obtenues à partir de l'équivalence du standard (Rutine) par gramme (mg ER/g).

3.2.2. Détermination d'activité antioxydant

L'activité anti-radicalaire des composés phénoliques contenus dans les extraits préparés a été évaluée en mesurant leurs capacités de piéger le radical libre DPPH (2,2'- diphényl-1-

pycrilhydrazyl). Sa couleur violette foncée se transforme en jaune lors de sa réduction (capté par les produits testés) (Zeghad, 2009).

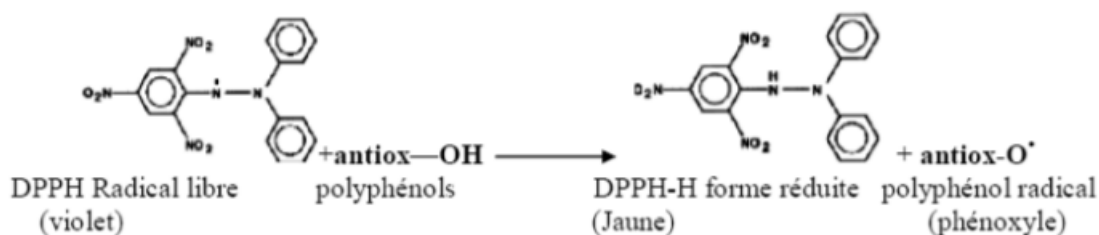


Figure 9: Réaction d'un antioxydant avec le radical DPPH.

L'effet de chaque extrait sur le DPPH a été mesuré par la procédure décrite par **Zuraini et al.**, (2008). Une prise de 5ml d'une solution méthanoïque de DPPH (0.004%) a été ajoutée à 50µl d'extrait (choisie après des essais préliminaires). Après une période d'incubation de 30 minutes à la température de laboratoire, l'absorbance a été lue à 517nm. L'acide ascorbique à des concentrations : 0-1mg/ml a servi pour tracer la courbe d'étalonnage. Le pourcentage de piégeage du radical DPPH est calculé selon l'équation suivante :

$$\text{Inhibition \%} = [(A \text{ blanc} - A \text{ échantillon}) / A \text{ blanc}] \times 100$$

Où :

A blanc : Absorbance du blanc (absorbance de la solution en absence de molécules testées).

A échantillon : Absorbance de la solution en présence de molécules testées.

a. Détermination des IC50

La valeur IC50 ou concentration d'inhibition 50 est la concentration du substrat qui assure la réduction de 50% de l'activité du DPPH déterminée graphiquement (**Samarthetal.**, 2008).

3.3. Détermination de l'indice TBARS (Genot ; 1996)

3.3.1. Principe

Les produits secondaires de l'oxydation des lipides les plus couramment dosés sont les aldéhydes. L'acide thiobarbiturique (TBA) réagit avec le malonaldéhyde (MDA) pour former un complexe de couleur rose et/ou jaune possédant un maximum d'absorption à une longueur

d'onde de 532 nm. Il réagit également avec d'autres aldéhydes résultants de l'oxydation des AGPI (l'acide gras polyinsaturé) à longue chaîne. La concentration des substances réactives au TBA (sr- TBA), exprimée en équivalent MDA est évaluée par la lecture de l'absorbance au spectrophotomètre visible des sr-TBA extraite des échantillons par l'acide trichloracétique (TCA).

3.3.2. Mode opératoire

Un échantillon de viande de 2g est placé dans un tube de 25ml contenant 16ml d'acide trichloracétique (TCA) à 5% (p/v) et éventuellement rajouté 100µl d'acide ascorbique (Vitamine C). Le mélange est homogénéisé 3 fois pendant 15 secondes à l'aide d'un vortex à une vitesse d'environ 3000 rpm. Le mélange obtenu est filtré. Puis de ce filtrat 2 ml sont additionnés à 2ml d'acide thiobarbiturique (TBA). Les tubes fermés sont plongés dans un bain-marie à 70°C pendant 30 minutes et placés dans un bain d'eau froide. la lecture de l'absorbance du mélange réactionnel se fait à l'aide de spectrophotomètre à 532nm. Les résultats sont exprimés en mg équivalent MDA (malonaldéhyde)/kg. La coloration reste stable pendant 1 heure.

On procédé aux même étapes de travail pour les amandes douces et les amandes amères incorporées avec la viande à différentes concentrations préalablement citées.

3.3.3. Expression des résultats

Les résultats dégagés au cours de ces expériences sont obtenus par la formule suivante :

$$\text{mg équivalent MDA/ kg} = (0,72 / 1,56) \times (A_{532} \text{ cor} \times v \text{ solvant} \times V_f) / PE$$

Avec :

A_{532 cor} : l'absorbance.

V solvant : volume de solution de dilution TCA en ml.

PE : prise d'essai en gramme.

V_f : volume du filtrat prélevé.

0,72 / 1,56 : correspond à la prise en compte du coefficient d'extinction moléculaire du complexe TBA-MDA à la valeur de : $1,56 \cdot 10^{-5} \text{ M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ (**Buedge et coll.**, 1978) et au poids moléculaire du MDA d'une valeur de 72g. mol⁻¹.

3.4. Analyses statistiques

Les résultats ont été traités par analyse de variance bifactorielle suivie d'une comparaison de moyenne par le biais d'un logiciel (stat box 6.04) selon le test de Newman et Keuls.

V. Résultats et discussions

1. Caractéristiques physicochimiques

1.1. Teneur en eau (H%)

Les résultats obtenus sont représentés en (%) dans le Tableau (6) et la Figure (10).

Tableau 6 : teneur en eau d'amande douce et amère torréfiés à différentes températures.

	Amande amère (%)	Amande douce(%)
T0	$4,06 \pm 0,23^b$	$5,50 \pm 0,26^a$
T140	$3,66 \pm 0,15^{bc}$	$5,13 \pm 0,45^a$
T150	$3,40 \pm 0,10^c$	$2,90 \pm 0,62^d$
T160	$3,20 \pm 0,10^{cd}$	$2,10 \pm 0,20^e$

*Les valeurs calculées par apport matière sèche (MS).

(n=3±l'écartype), (a, b, c et d sont des groupes homogènes indiquant une différence significative à p<0.05)

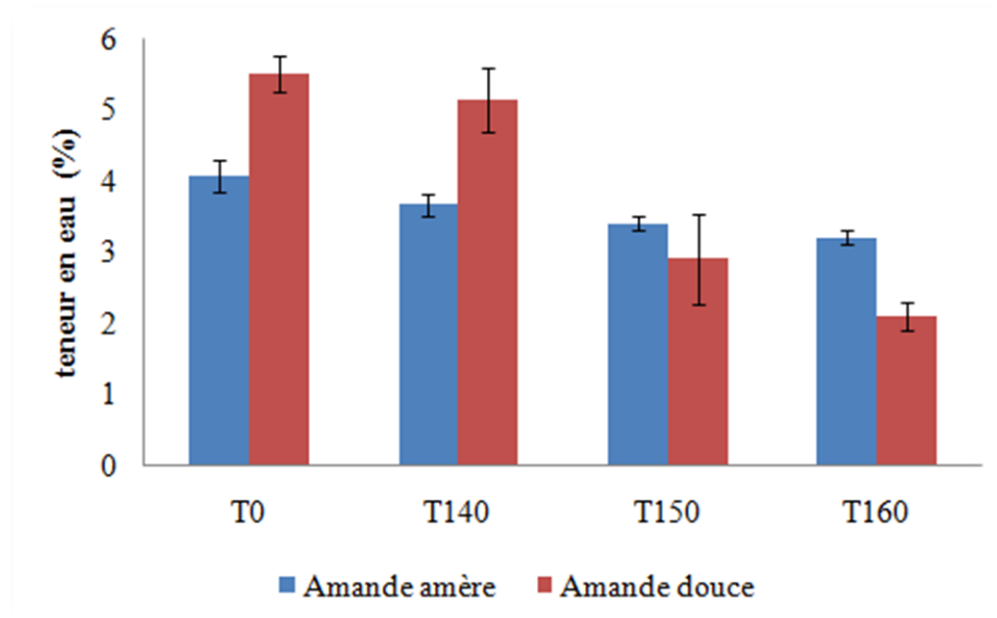


Figure 10 : teneur en eau dans des amandes douces et amères à différentes températures.

Les analyses statistiques confirment l'effet de la torréfaction sur la proportion en eau dans les amandes ($p < 0,05$). D'après les résultats résumés dans le tableau (6), l'humidité dans les amandes douces varie entre 5,50 % et 2,10 %. Soit un rapport de différence de 61,18 %. De même pour les amandes amères, la teneur en eau varie entre 4,06 % et 3,20 % montrant un écart de différence de 21,18 %.

Nous avons relevé de teneur en eau $< 5\%$ chez les amandes amères non torréfiés, contrairement à ce qui a été rapporté par **Trachi** (2015) (8,39%).

Par ailleurs notre teneur en eau des graines d'amandes douces rejoint ceux rapportés par **Schlomann et al.** (2015) (5,10%).

Il est à noter que, la teneur en eau des amandes douces est plus importante que celle des amandes amères dans leur état crues avec un écart de 26,18 %. Cette différence est probablement liée à plusieurs paramètres tels que la région, la variété, la période de récolte, la méthode de conservation, le système d'irrigation et aussi l'intervalle de temps entre la récolte et l'effectuation des analyses).

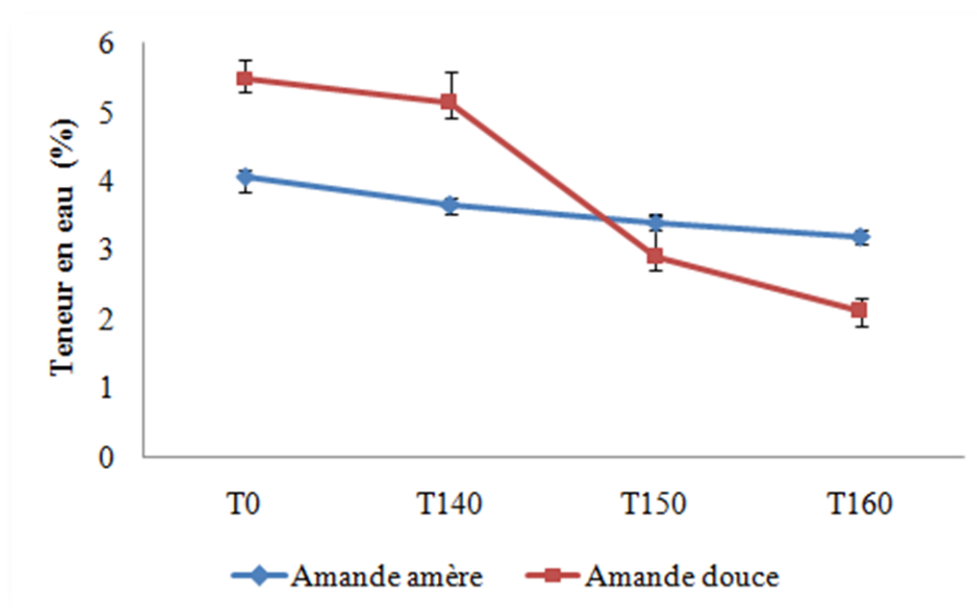


Figure 11 : Evolution de la teneur en eau de l'amande douce et amère en fonction de température de torréfaction

Nous avons observé que les teneurs en eau des amandes amères torréfiés à T160 retiennent plus l'eau par rapport aux amandes douces sous les mêmes conditions.

Le graphe représenté dans la figure (11) révèle l'effet de rôtissage sur la quantité d'eau présente dans les deux variétés d'amandes. On constate que, plus la température s'augmente plus l'humidité se baisse.

1.2. Matière sèche (MS%)

Les valeurs de matière sèche (MS) sont représentées dans le tableau (7) et la figure (12).

Tableau 7 : Teneur en MS d'amande douce et amère torréfiée à différentes températures.

	Amande amère(%)	Amande douce(%)
T0	95,93±0,23 ^d	94,50±0,26 ^e
T140	96,33±0,15 ^{cd}	94,86±0,45 ^e
T150	96,60±0,10 ^b	97,10±0,62 ^b
T160	96,80±0,10 ^{bc}	97,90±0,20 ^a

(n=3±l'écartype), (a, b, c et d sont des groupes homogènes indiquant une différence significative à p<0.05)

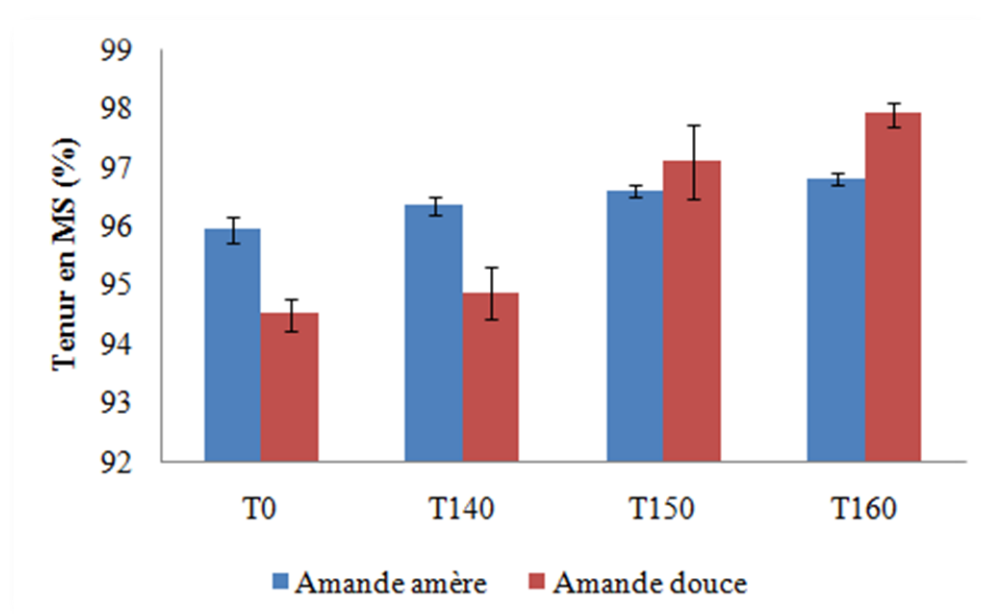


Figure12 : La teneur en MS dans les amandes douces et amères en fonction de température de torréfaction.

D'après les résultats enregistrés, la teneur de MS dans les amandes amères en état cru à T0 est légèrement supérieure à celle des douces (95,93 % et 94,50 % respectivement).

Après rôissage, les teneurs en MS sont à approximativement 96 % dans les amandes amères et varient entre 94,86 % et 97,90 % dans les amandes douces. La comparaison des moyennes de MS par le test Newman-keuls a révélé une différence significative ($p < 0,05$).

La figure (13) représente l'évolution positive de la teneur en matière sèche lors du traitement thermique, elle confirme la présence d'une corrélation négative entre les valeurs de teneur en eau précédemment citées et celles des matières sèches dans les deux variétés. On déduit que plus la température augmente plus le taux en MS augmente et la teneur en eau diminue.

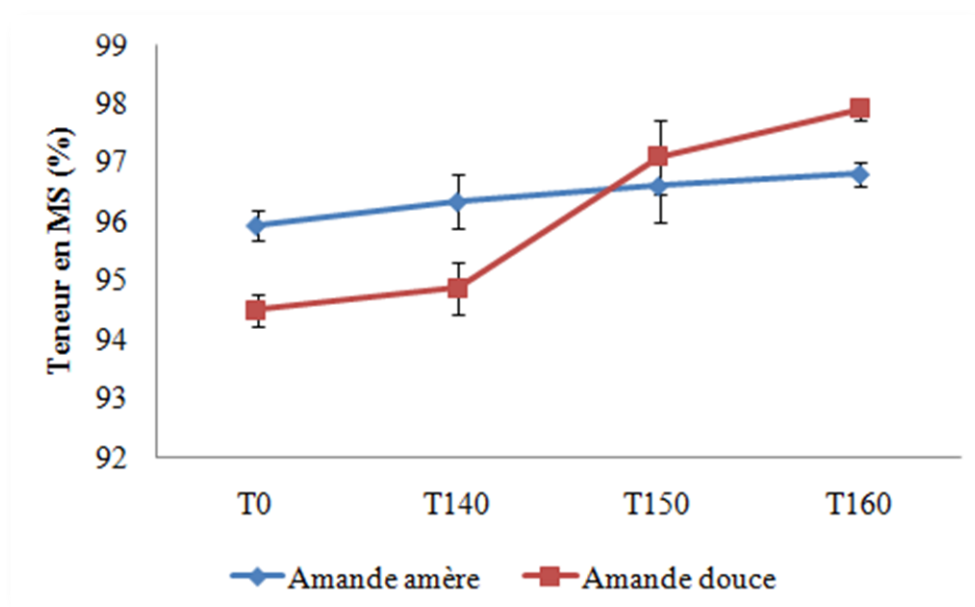


Figure 13 : Evolution de la MS de l'amande douce et amère en fonction de la température grillées.

1.3. Teneur en cendre (Cn%)

Le tableau et la figure ci-dessous représentent les teneurs en cendre exprimées en (%) obtenues dans deux variétés d'amandes. Les analyses statistiques montrent des différences significative entre les taux de cendre dans les deux variétés d'amandes au cours du traitement thermique ($p < 0,05$).

Tableau 8 : Teneur en cendre d'amande douce et amère grillée à différentes températures.

	Amande amère	Amande douce
T0	2,06±0,32 ^b	2,50±0,36 ^b
T140	2,26±0,72 ^b	2,70±0,26 ^b
T150	3,33±0,05 ^a	2,76±0,30 ^a
T160	3,00±0,26 ^a	2,86±0,20 ^a

($n=3 \pm$ l'écartype), (a, b sont des groupes homogènes indiquant une différence significative à $p < 0.05$)

Le taux en cendre représente la quantité totale en sels minéraux présents dans un échantillon. D'après les résultats récapitulés dans la figure (14), on constate que le taux en cendre varie entre 2,06% et 3% pour les amandes amères, avec un rapport de différence de 31,33% et entre 2,50% et 2,86% pour de les amandes douces, avec un rapport de différence de 12,58%.

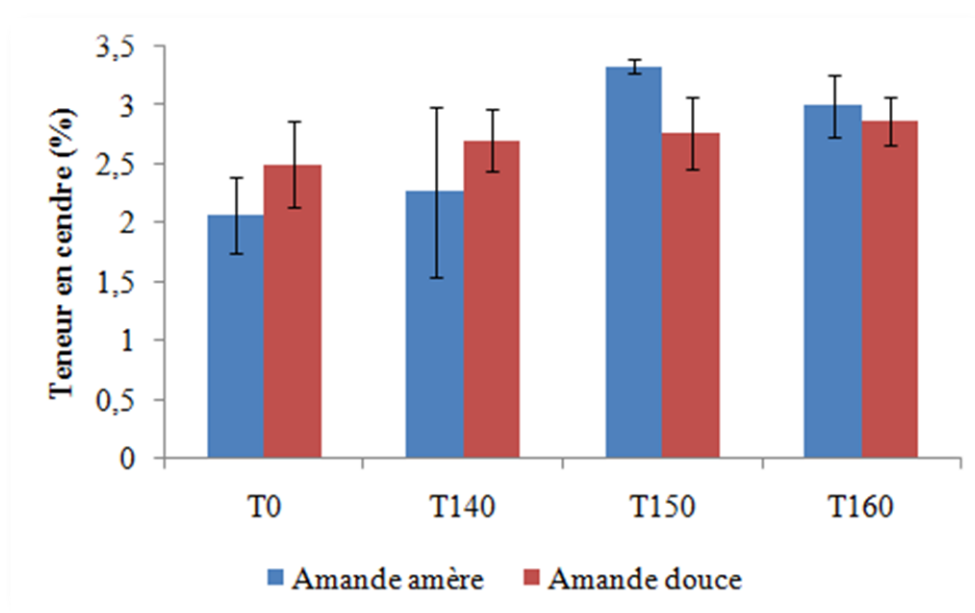


Figure 14 : Evolution de la teneur en cendre de l’amande douce et amère en fonction de température de grillade.

A T0, nous avons relevé que la teneur en eau inférieure à 2,10% chez les amandes amères contrairement à ce qu’a été rapporté par **Trachi** (2015) (2,79%).

D’après la figure (15), on déduit que plus la température de grillade augmente ça induit une augmentation de la quantité en cendre des amandes, ce qui est probablement lié à deux facteurs principaux : aux variétés d’amande qu’on a utilisés pour la grillade, ou au traitement thermique par évaporation de l’échantillon qui fait diminuer la teneur en sels minéraux et donc le taux de cendre.

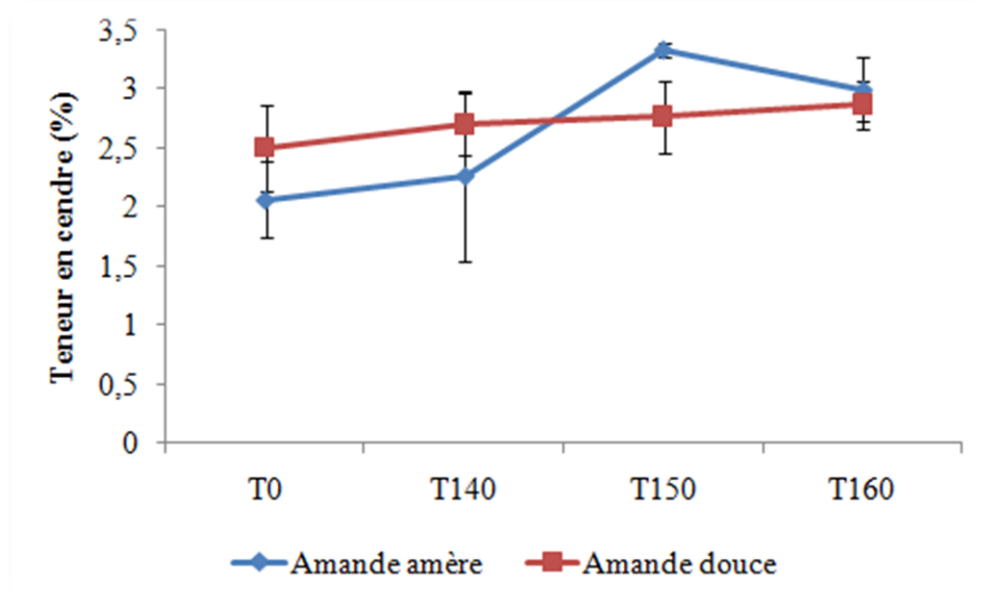


Figure 15 : Evolution de la teneur en cendre dans l'amande douce et amère en fonction de la température de grillade.

1.4. pH des amandes

Les valeurs de pH des amandes douces et amères sont illustrées dans le tableau (09) et figure(16)

Tableau 9 : pH des amandes douces et amères torréfiées à différentes températures.

	Amande amère	Amande douce
T0°C	6,84±0,05 ^c	6,81±0,01 ^c
T140°C	6,92±0,03 ^b	6,81±0,01 ^c
T150°C	6,91±0,01 ^b	6,94±0,02 ^{ab}
T160°C	6,94±0,01 ^{ab}	6,99±0,01 ^a

(n=3±l'écartype), (a, b, c et d sont des groupes homogènes indiquant une différence significative à (p<0.05)

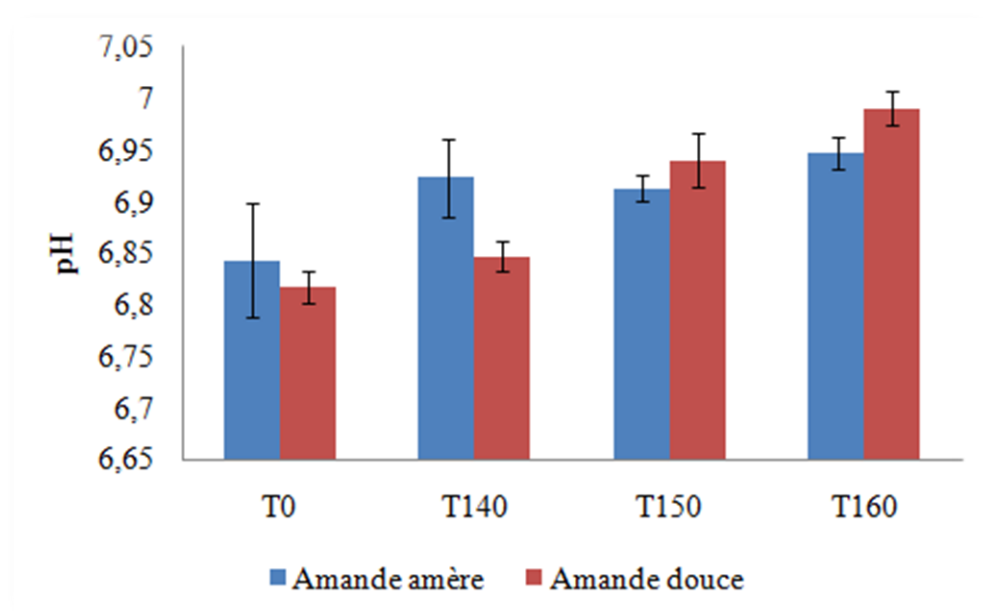


Figure16 : pH des amandes douces et amères en fonction de la température de torréfaction.

Le potentiel d'hydrogène est une des variables utilisées pour caractériser les propriétés des milieux. Relativement facile à mesurer, le pH est utilisé dans de nombreux domaines comme variable opératoire, caractérisant du produit fini du contrôle de qualité. De nombreuses études se sont attachées à corrélérer sa valeur à des lois cinétiques de réactions, des qualités organoleptiques de produits ou encore des activités enzymatiques (**Boukhiar**, 2009).

Les résultats obtenus illustrent des valeurs neutres de pH variant entre 6,81 et 6,99 pour les amandes amères et douces respectivement.

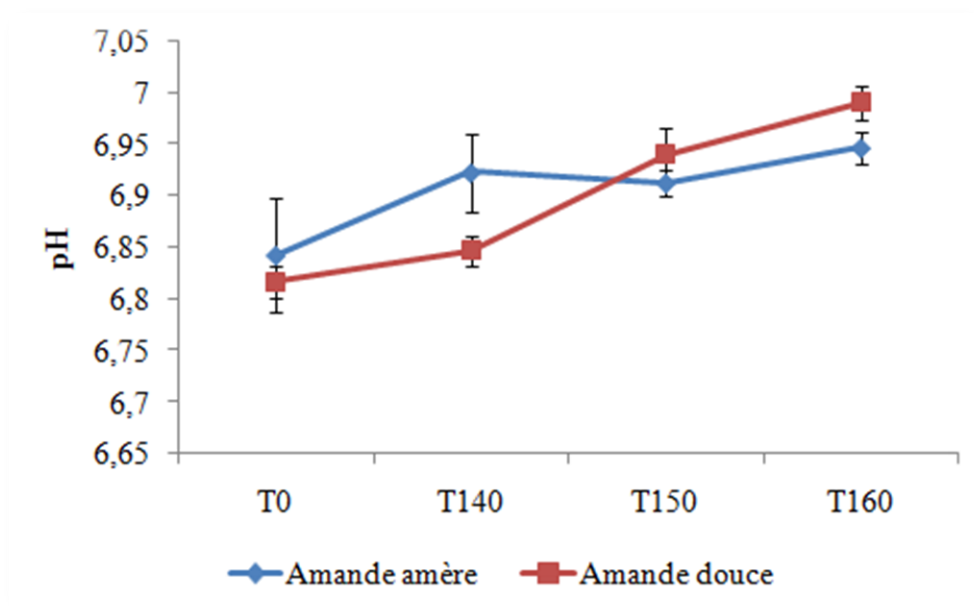


Figure 17 : Evolution de pH dans des amandes douces et amères en fonction de la température de torréfaction.

1.5. Teneur des lipides

Les valeurs de teneurs des lipides sont résumées dans le tableau (10) et figure (18)

Tableau 10: Teneur des lipides d'amande douce et amère torréfiée à différentes températures

	Amande amère (g/100g)	Amande douce (g/100g)
T0	48,09±1,02 ^{ab}	52,02±0,94 ^a
T140	47,78±3,16 ^{ab}	41,85±1,09 ^c
T150	46,5±1,45 ^b	41,46±2,24 ^c
T160	49,28±1,18 ^{ab}	44,3±3,17 ^b

(n=3±l'écartype), (a, b, c et d sont des groupes homogènes indiquant une différence significative à $p < 0.05$)

À l'issue des résultats résumés dans le tableau (10), le taux des lipides extraits à partir des amandes amères torréfiées sont dans l'intervalle de 46,5 (g/100g) et 49,28 (g/100g), on constate une légère différence entre les quantités des huiles obtenues de chaque échantillon torréfié par rapport aux celles récupérées des amandes témoins. Le pourcentage en matière grasse le plus élevé est celui des noyaux torréfiés à température T160 °C.

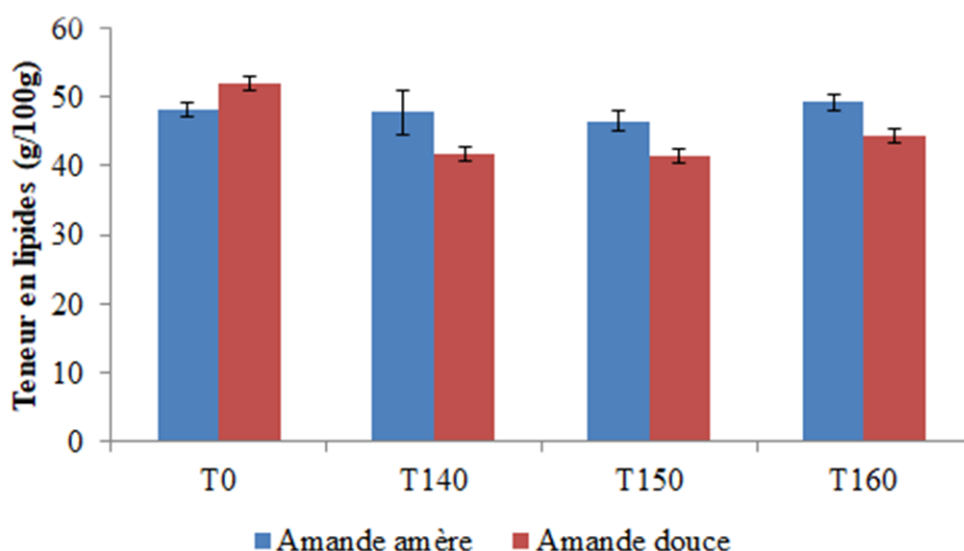


Figure 18 : la teneur en lipides dans des amandes douces et amères en fonction de la température de torréfaction.

Le rendement des huiles extraites de l'amande douce torréfiée est compris entre 41,46 g et 44,3 %. Les échantillons d'amandes douces torréfiées ont des teneurs en lipides significativement plus faibles que celles des non torréfiées (52,02 g/100g). Par ailleurs, aucune différence significative n'est décelée entre les amandes amères torréfiées et crus.

Nos résultats concernant la teneur en matière grasse d'amande amère crue est corroboré avec **Trachi** (2015)(50,14g/100g).

Nos résultats sont inférieurs de ceux rapportés par **Lin et al.** (2016) sur les amandes douces de Californie. Ils ont trouvé que les noyaux torréfiés à température : 150 °C, 180 °C, 200 °C donnent un rendement en lipides de 52,45 g/ 100g, 56,27 g/100g et 52,77 g/100g successivement et celui du témoin est de l'ordre de 50,12 g/100g.

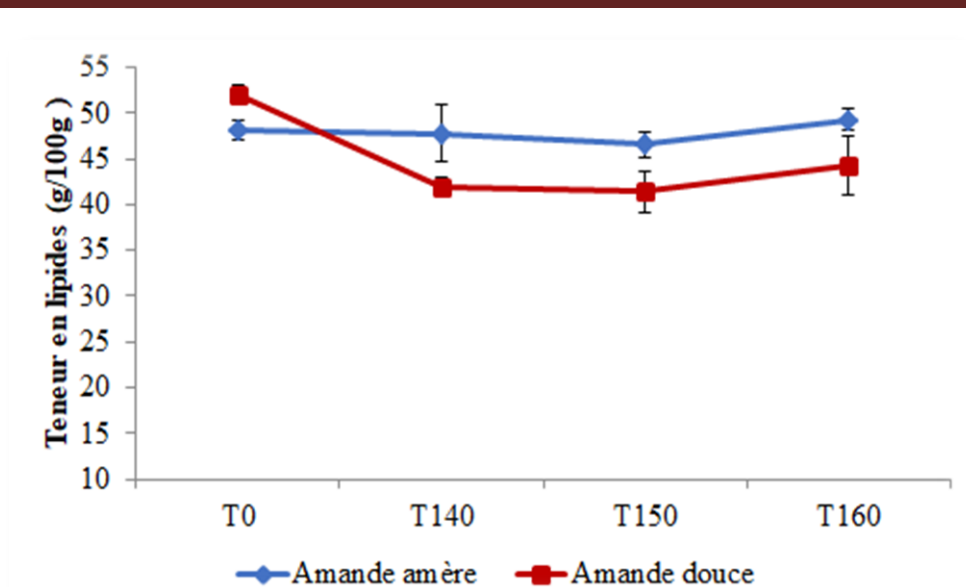


Figure 19 : Evolution de la teneur en lipides dans des amandes douces et amères en fonction de la température de torréfaction.

Figure (19) montre l'évolution de la quantité de matière grasse extraite des deux variétés en fonction de la température. A T0°C le rendement des huiles dans les amandes douces est important que celui des amandes amères. En revanche, à T160°C la fraction des lipides libérée par les grains des amandes amères est très importante que celle des amandes douces, enregistrant un rapport de variation 9,06%.

Nos résultats montrent que la torréfaction améliore la libération d'huile dans les amandes amères que les amandes douces. En effet, **Akinoso et al.**(2011) ont indiqué que le traitement thermique provoque une augmentation du rendement de l'huile par la dégradation des cellules à l'huile dans les grains oléagineux, coagulation de la protéine, ajustement de la teneur de l'humidité à la valeur optimale pour l'extraction et la réduction de la viscosité de l'huile, ce qui entraîne un écoulement facile des huiles. En revanche, **Lin et al.** (2015) ont démontré que la torréfaction augmente le niveau des acides gras insaturés (acide linoléique, acide oléique) ainsi que les acides gras saturés (acide palmitique et acide stéarique) et qu'à plus haute température (200 °C) pour une durée plus longue (10 ou 20 min), elle pourrait causer la dégradation des acides gras dans les huiles en particulier pour les acides gras insaturés.

1.6. Teneur en protéine (Pr g/100g) des amandes

Les valeurs de teneurs des protéines sont rédigées dans le tableau (11) et figure (20)

Tableau 11: Teneur en protéine (Pr g/100g) des amandes douces et amères torréfiées à différentes températures.

	Amande amère	Amande douce
T0°C	21,14±0,75 ^b	19,57±1,30 ^b
T140°C	18,97±1,79 ^{bc}	21,08±2,10 ^b
T150°C	25,25±1,82 ^a	24,89±0,55 ^a
T160°C	16,64±1,04 ^c	25,86±0,75 ^a

(n=3±l'écartype), (a, b, c et d sont des groupes homogènes indiquant une différence significative à p<0.05

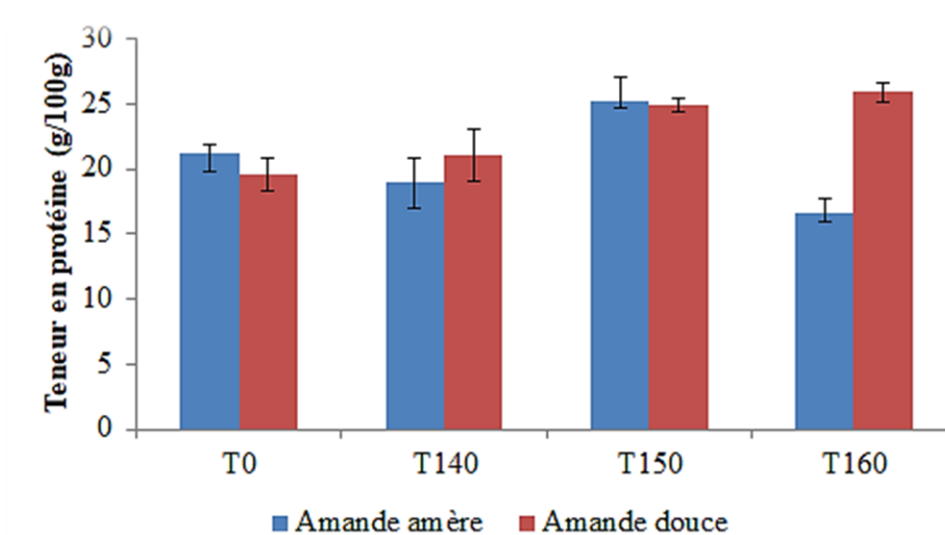


Figure 20: la teneur en protéine dans des amandes douces et amères en fonction de la température de torréfaction.

D'après nos résultats, nous avons remarqué une augmentation progressive des taux des protéines dans les amandes douces variant entre 19,57 g/100g et 25,86 g/100g. Le rapport de différence des teneurs en protéine (T0 et T160) est estimé à 24,32 g/100g.

La teneur des protéines la plus élevée (25,25 g/100g) est notée T150 dans les amandes amères alors que la même valeur n'est obtenue qu'à T160 dans les amandes douces.

A T0 la teneur en protéines chez les amandes amères est inférieure à celle qu'a été rapporté par **Trachi** (2015) (30,73 g/100g).

La déshydratation et les changements physico-chimiques, en particulier des protéines sont conditionnés par le taux de transfert de chaleur affecté à son tour par la teneur initiale en eau et la vitesse de l'air du chauffage et le couple temps/température qui selon certains auteurs (**Chiou et Tsai**, 1989 ; **Saklar**, 1999) jouent un rôle important dans le développement de la qualité sensorielle de l'aliment, notamment dans les noix et graines, où la qualité organoleptique est le facteur clé du choix des consommateurs.

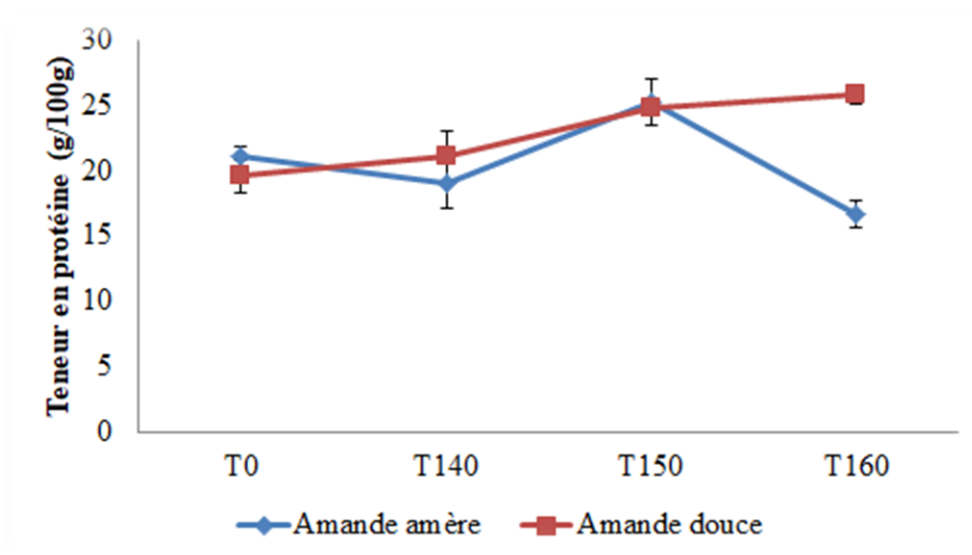


Figure 21 : Evolution de la teneur en protéine dans des amandes douces et amères en fonction de la température de torréfaction.

Lors de la torréfaction, les protéines peuvent se décomposer ou entrer en réactions croisées au niveau d'acides aminés souvent essentiels (lysine, cystéine, arginine), ce qui entraîne une baisse de la qualité nutritionnelle de celles-ci (**Muller et al.**, 1990).

2. Dosage des polyphénols totaux

Les analyses quantitatives des données ont été déterminées à partir de l'équation de la régression linéaire ($y = 0,011x$) et le coefficient de corrélation ($R^2 = 0,996$) de la courbe d'étalonnage exprimée en mg équivalent acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/g).

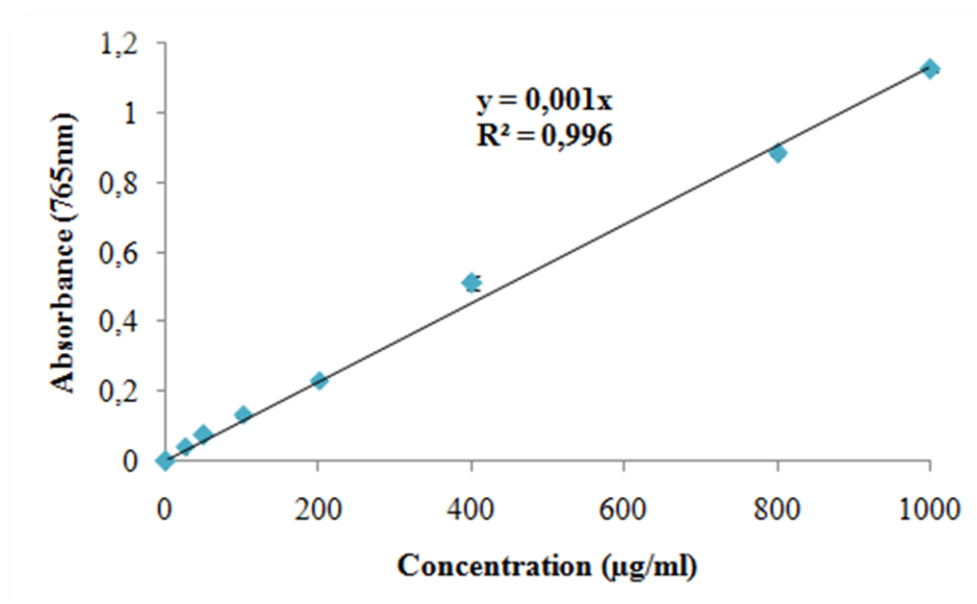


Figure 22 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

Les résultats obtenus sont représentés en (mg EAG/g) dans le Tableau (12) et la Figure(23).

Tableau 12 : Dosages des différents composés phénoliques de l'amande douce et amère.

	Amande amère	Amande douce
T0	0,144±0,008 ^a	0,203±0,017 ^a
T140	0,200±0,005 ^a	0,179±0,014 ^a
T150	0,307±0,011 ^a	0,283±0,027 ^a
T160	0,239±0,040 ^a	0,228±0,029 ^a

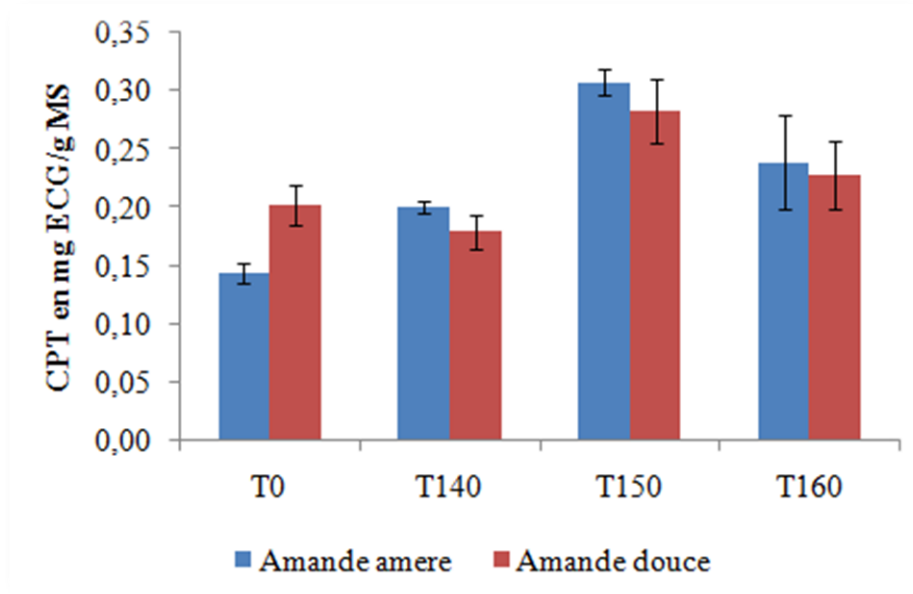


Figure 23 : la teneur en composés phénolique dans des amandes douces et amères en fonction de la température de torréfaction.

Les résultats du dosage révèlent l'influence de la température sur composés phénoliques totaux.

Les teneurs en composés phénoliques totaux détectés dans les amandes amères varient entre (0,144 et 0,307) mg EAG/g matière sèche. Elles diffèrent d'une température à une autre. La T150, elle semble être plus importante en polyphénol totaux avec une concentration de 0,307mgEAG/g matière sèche par rapport aux autres températures.

En comparaison avec les extraits des amandes douces torréfiées également montrent un contenu élevé en polyphénols totaux à T0 et d'une température à une autre, qui sont dans l'intervalle compris entre (0,179 et 0,283) mg EAG/g matière sèche. En effet, la teneur la plus importante en polyphénol totaux (0,283mgEAG/g matière sèche) a été obtenue à T150.

Cependant, une étude antérieure (**Jau-Tien Lin et al.**, 2016) a cité des teneurs de polyphénol totaux plus élevées dans les amandes douces que les nôtres. Ils varient entre $7,50 \pm 0,20$ et $13,92 \pm 1,21$ mgEAG/g matière sèche aux températures T0 et T180 respectivement.

Notons que le taux des composés phénolique peut varier en fonction de la méthode d'extraction, nature du standard utilisé, l'origine géographique (nature de sol, climat et altitude), la période de récolte, les conditions de stockage (**Valnet et al.**, 1992), le génotype d'amandes (**Sfahlan et al.**, 2009) et solvant choisi. La nature du solvant a même une influence sur la qualité des composés à extraire. Différents solvants d'extraction peuvent fournir différents types de

composés en raison de leur nature et sensibilité chimique variable vis-à-vis des méthodes d'extraction (**Takeoka et al.**, 2000).

Des études récentes ont montré que les teneurs en composés phénoliques, changent de façon considérables d'une espèce à une autre et à l'intérieur de la même espèce, à cause des facteurs extrinsèques (température, climat...), génétiques (la variété et l'origine d'espèces), physiologiques (le degré de maturation de la plante, les organes utilisés) et de la durée de stockage (**Maisuthisakul et al.**, 2007; **Ebrahimzadeh et al.**, 2008; **Ksouri et al.**, 2008; **Ksouri et al.**, 2009).

3. Dosage des flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé selon la méthode de trichlorure d'aluminium (AlCl_3), la Rutine a été utilisée comme étalon. L'absorbance est lue dans une longueur d'onde de 430 nm. Les résultats obtenus sont représentés dans une courbe d'étalonnage, ayant l'équation $Y = 0,0165 x$; $R^2 = 0,9975$.

La quantité des flavonoïdes a été rapportée en milligramme d'équivalent de la Rutine par gramme de matière sèche de l'extrait (mg EQ/100g MS).

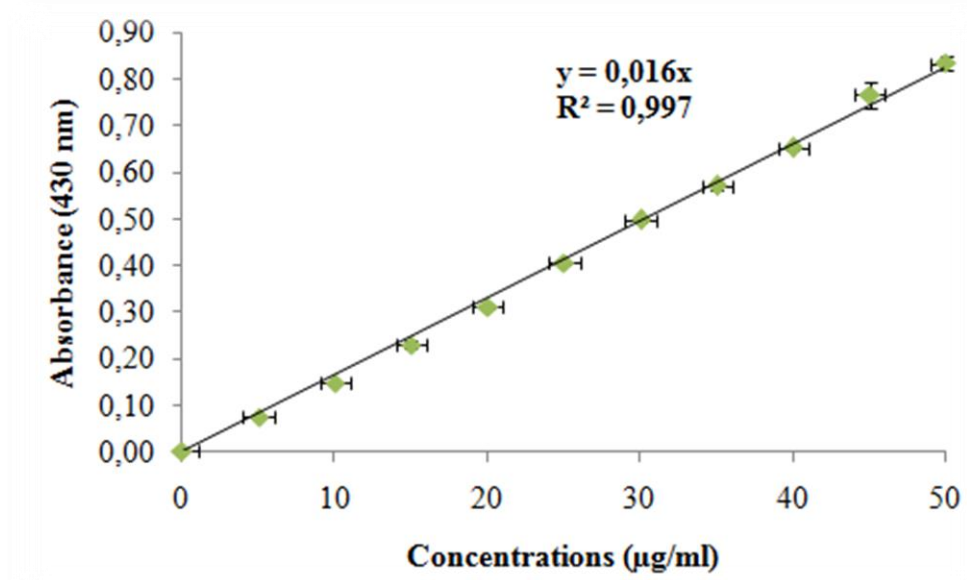


Figure 24 : Courbe d'étalonnage de la Rutine.

Les teneurs en flavonoïdes contenues dans les deux variétés d'amande issues de différentes températures de torréfaction sont illustrées dans la figure (25) et le tableau (13) suivants :

Tableau 13: Dosages des flavonoïdes dans les amandes douces et amères

	Amande amère	Amande douce
T0	0,038±0,003 ^{ef}	0,045±0,015 ^f
T140	0,051±0,001 ^{cd}	0,041±0,003 ^{ef}
T150	0,085±0,007 ^a	0,063±0,006 ^{de}
T160	0,064±0,011 ^b	0,054±0,001 ^c

(n=3±1'écartype), (a, b, c, d, e et f sont des groupes homogènes indiquant une différence significative p<0.05

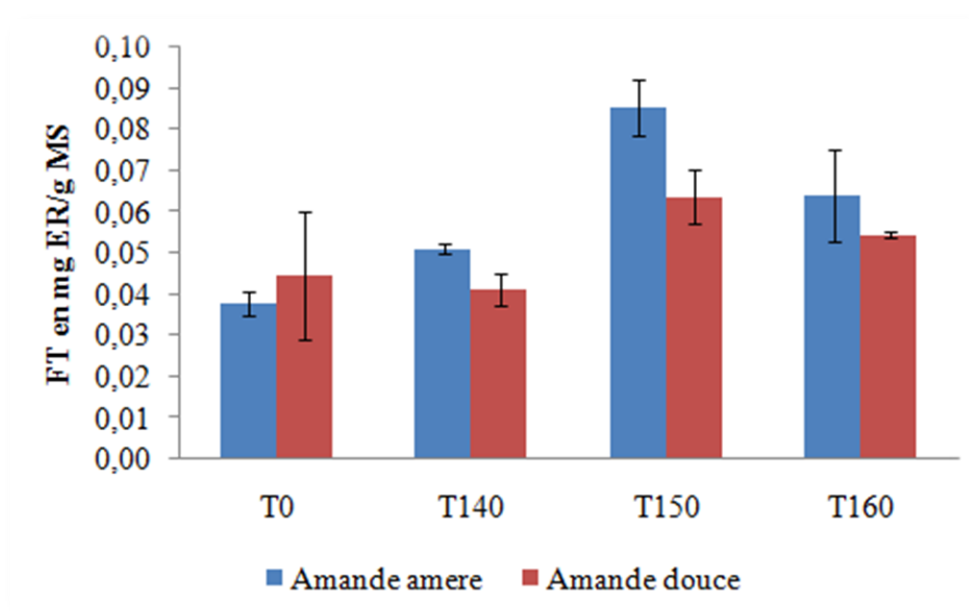


Figure 25 : la teneur en flavonoïde dans les amandes douces et amères en fonction de la température torréfaction.

D'après les résultats évoqués dans le tableau (13), les amandes douces et amères montrent une différence significative (p<0,05) dans la teneur en flavonoïdes totaux, ils sont plus abondants dans T150 ou le taux des flavonoïdes plus élevé dans les amandes amères torréfiées

que dans les amandes douces avec un taux de $0,085 \pm 0,007^a$ et $0,063 \pm 0,006^{de}$ mg ER/g matière sèche successivement.

Les résultats obtenus montrent que la teneur en flavonoïdes est influencée par la haute température (160°C) pour les deux variétés d'amande.

D'après la littérature, la teneur en composés phénoliques des fruits à coque dépend non seulement du type de noix (génotype) et de son cultivar, mais aussi de l'année de récolte, du lieu du verger, des étapes de transformation (pasteurisation, blanchiment, irradiation et grillage) et des conditions de stockage (température et durée) (**Bolling et al.**, 2011).

Il est difficile de comparer ces résultats avec ceux de la bibliographie car l'utilisation de différentes méthodes d'extraction, réduisent les possibilités de comparaison entre les études (**Trabelsi et al.**, 2010).

4. Activité anti-oxydante

Pour mieux comparer les deux variétés des amandes amères et douces torréfiées à des différentes températures, nous avons étudiés l'activité anti-oxydante en réalisant le test au radical DPPH. Dans le but de déterminer la concentration de l'antioxydant permettant d'inhiber la moitié du radical. Cette méthode s'accompagne par le passage du radical DPPH de la couleur violette à la couleur jaune mesurable à 517nm (**Prakash et al.**, 2007). Comme il n'existe pas de mesure absolue de la capacité antioxydant d'un composé, les résultats sont souvent portés par rapport à un antioxydant de référence, comme l'acide ascorbique (vitamine C) (**Alyafi**, 2007).

Une droite d'étalonnage a été établie en tenant compte des différentes solutions d'acide ascorbique (Vit. C) préparées et leurs densités optiques correspondantes, avec $R^2=0,992$ Figure (26). Les taux d'inhibition ont été calculés pour chacune des concentrations, en se basant sur les densités optiques obtenues à partir des préparations (les différents extraits et Vit. C).

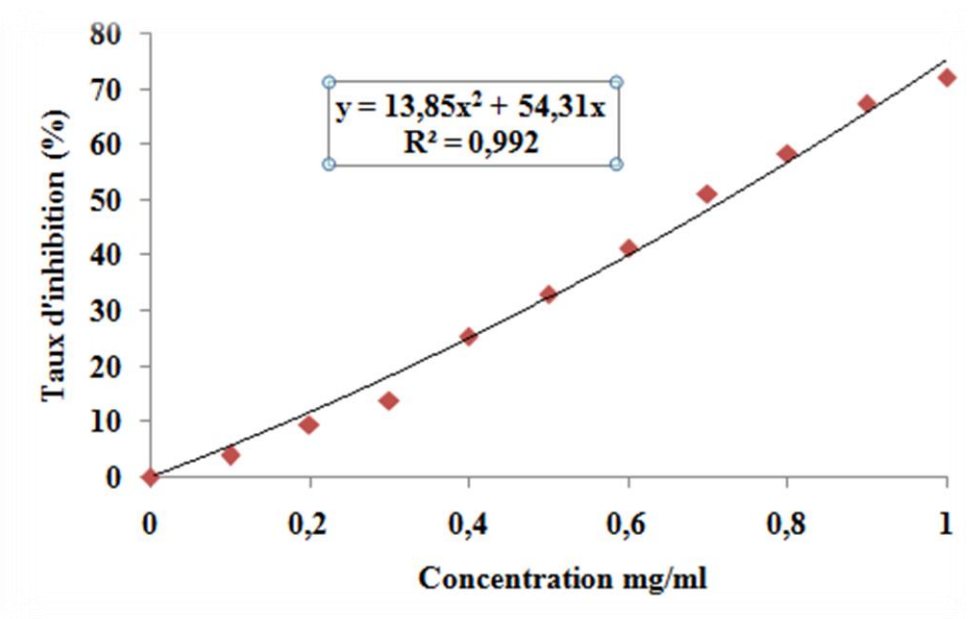


Figure 26 : la courbe d'étalonnage d'acide ascorbique.

Les concentrations des extraits et de l'acide ascorbique qui inhibent 50% du DPPH (IC50) déterminées graphiquement et taux inhibitions maximales sont mentionnées dans le tableau 14.

Tableau 14: IC50 et inhibitions maximales des extraits déterminé par la méthode de DPPH.

Echantillons		I. max (mg/ml)	IC50 (mg/ml)
Amade amère	T0	36,266±5,463 (à 397,75 mg/ml)	–
	T140	41,582±5,068 (à 769,75 mg/ml)	–
	T150	45,092±2,537 (à 533,75 mg/ml)	–
	T160	56,458±0,927 (à 364,75 mg/ml)	304,019±0,001
Amade douce	T0	30,923±0,242 (à 229,5 mg/ml)	–
	T140	32,885±1,083 (à 305,75 mg/ml)	–
	T150	34,218±1,038 (à 266,25 mg/ml)	–
	T160	38,108±1,386 (à 283,5 mg/ml)	–
Acide ascorbique		72,077±1,666 (à 1 mg/ml)	0,770±0,001

- : non déterminée

D'après les résultats obtenus on ne peut déterminer graphiquement l'IC50 que pour l'extrait d'amande amère torréfiée à T160°C, elle est de 304,019 mg/ml. L'acide ascorbique présente une faible IC50 de 0,770 mg/ml.

A la lumière de ces résultats on constate que seul l'extrait d'amande amère torréfiée à T160°C à forte dose (304,019mg/ml) présente un effet antiradicalaire sur le DPPH et en comparaison avec l'activité de l'acide ascorbique, elle est très faible.

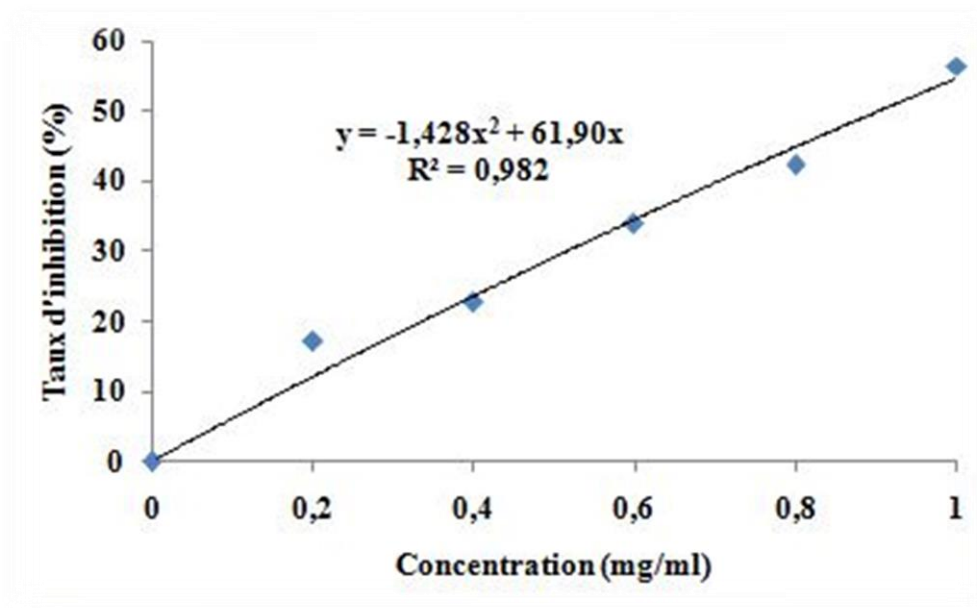


Figure 27 : Evolution des taux d'inhibition du DPPH de l'extrait d'amande amère à T160.

Le résultat obtenu, figure (27) montre que les taux d'inhibitions sont corrélés positivement aux concentrations de l'extrait.

Des résultats similaires sont rapportés par **Win et al**, 2011, qui ont torréfié le cacahuète à 160°C durant différents temps, ils ont montré que la torréfaction augmentait l'activité antioxydante. Ce qui expliquerait notre résultat.

Selon Bhat et al., (2012) ; Naczek and Shahidi (2006), la récupération des polyphénols et d'autres composés antioxydants de la matière végétale dépend, considérablement, de la solubilité de ces composés dans un solvant donné, de la polarité des solvants et de la viscosité.

Ainsi, les solvants tels que le méthanol ou l'acétone peuvent atteindre facilement les endroits intracellulaires, afin de lixivier au maximum les constituants actifs. Parmi les différents facteurs qui ont contribué aux divers résultats obtenus réside donc dans la nature chimique des composés, les solvants d'extraction utilisés, et la méthode d'analyse utilisée.

2.1. Estimation du degré d'oxydation des lipides de la viande hachée.

Les résultats sont récapitulés dans le Tableau (15) et illustrées dans la Figure (28).

Tableau 15 : Teneurs en MDA des viandes ovines hachées (épaule).

	Témoin	Amande Amère			Amande douce		
	0%	5%	10%	15%	5%	10%	15%
Après 1h	0,97±0,41 ^c	0,538±0,001 ^e	0,528±0,014 ^e	0,411±0,03 ^f	0,97±0,075 ^b	0,918±0,021 ^b	0,288±0,007 ^g
Après 2h	1,82±0,19 ^{bc}	0,676±0,096 ^d	0,236±0,007 ^{hi}	0,215±0,014 ^g	0,283±0,024 ^g	0,217±0,019 ^{hi}	0,278±0,049 ^g
Après 4h	1,97±0,4 ^a	0,821±0,014 ^c	0,513±0,007 ^e	0,192±0,013 ⁱ	1,056±0,041 ^a	0,342±0,017 ^g	0,209±0,03 ^{hi}

(n=3±l'écartype), (a,b, c, d, e, f, g, h et i sont des groupes homogènes indiquant une différence significative à p<0.05)

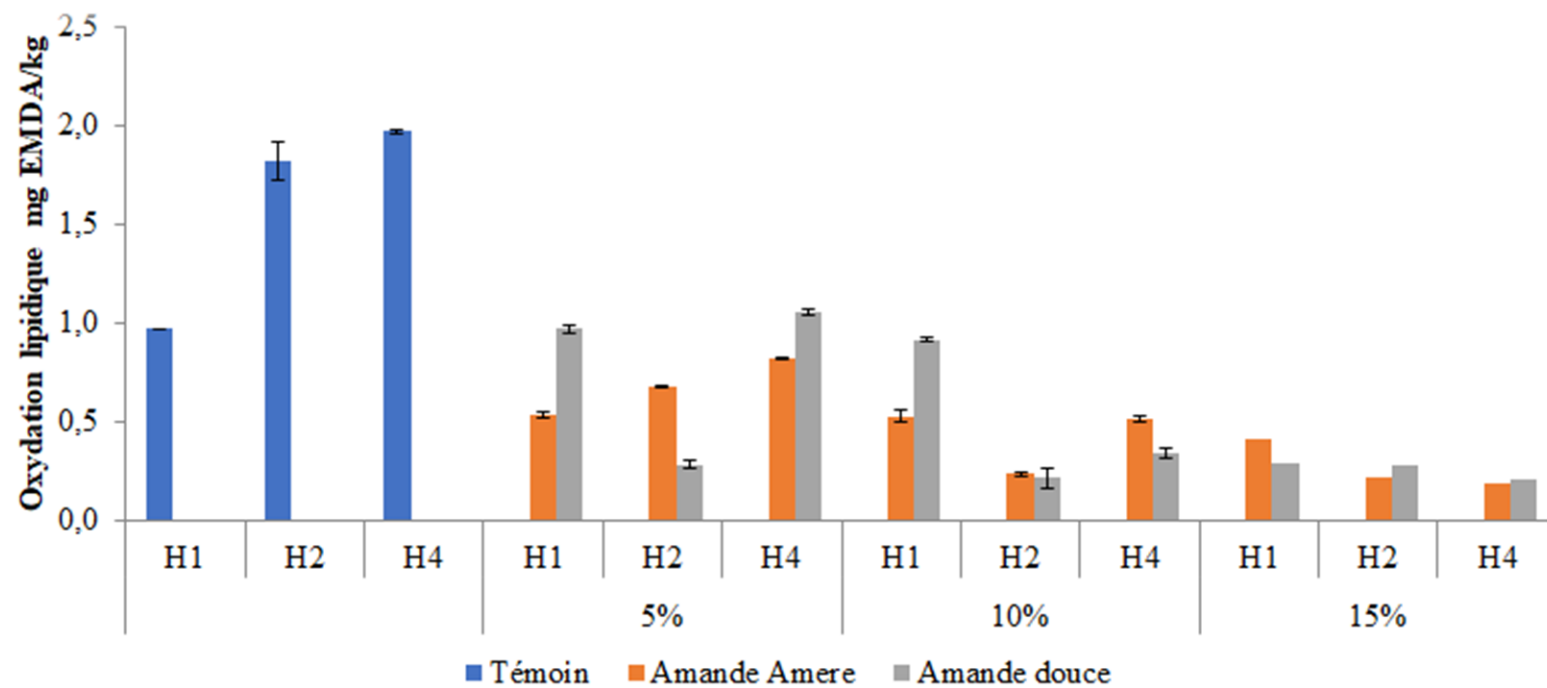


Figure 28 : Indice TBA dans la viande hachée ovine.

Les résultats sont représentés dans le Tableau 28 dont le MDA est exprimé en mg par Kg de viande. Le degré de la peroxydation des lipides du des viandes, est estimé par la quantité du malonaldéhyde (MDA) mesurée dans la viande témoins (non incorporé) et incorporé avec les deux variétés d'amandes à différentes concentrations 5%, 10% et 15%. Ces données révèlent une différence significative entre les échantillons ($P < 0.05$).

Les teneurs en manoldialdéhydes sont des indicateurs de fraîcheurs de viandes, d'après nos résultats, Les teneurs en MDA augmente en fonction de temps et selon Oueslati (2017) qui relate que l'état physique de la viande dont le hachage (augmente considérablement la surface de contact avec l'oxygène) favorise l'oxydation des lipides et les protéines de la viande.

Les résultats obtenus ont démontré que les viandes témoins présentent des teneurs en MDA différentes significativement par rapport aux viandes traitées par la poudre d'amande amère et douce à différents pourcentages.

Pour les échantillons témoins les teneurs en MDA sont plus importantes, avec une teneur de l'ordre de 0,97 mg équivalent MDA par kg de la viande à (1H) par rapport de 1, 82 mg équivalent MDA par kg de la viande après (2H) et 1,97mg équivalent MDA par kg de la viande après (4H). Le rapport de différence des teneurs en MDA (à 1H et H4) est estimé à 50,76%.

L'incorporation de la poudre d'amande avec la viande hachée s'accompagne d'une diminution considérable des teneurs de MDA.

L'analyse statistique des résultats révèle de différences significatives ($p < 0.05$) entre les échantillons de viandes ajouté à la poudre d'amande à différents pourcentages. Il est à noter que la diminution de teneur en MDA est disproportionnelle à la concentration des extraits et la durée de la conservation.

Les échantillons traités à 5% ont montré une augmentation de la teneur en MDA (0,538 ; 0,676 et 0,821) mg équivalent MDA par kg de la viande pour la viande traité par l'amande amère. Par contre, la viande traitée par l'amande douce montre une variation dans les teneurs en MDA en fonction du temps respectivement avec (0,97 ; 0,283 et 1,056) mg équivalent MDA par kg de la viande.

Alors que les échantillons traités à 10% et 15% semblent de moindre importance, pour les pourcentages de 10% on observe une fluctuation dans les teneurs en MDA de l'ordre de (0,528 ; 0,236 et 0,513 mg) respectivement pour la viande traité par l'amande amère. De même, l'échantillon traité avec l'amande douce enregistrant respectivement (0,918; 0,217 et 0,342) mg équivalent MDA par kg de la viande et cela avec le temps.

Cependant, L'ajout de la poudre d'amande à raison de 15% provoque une chute très significative des valeurs en MDA par rapport aux viandes témoins. La viande traité par l'amande amère ne renferme que (0,411 ; 0,215 et 0,192) mg équivalent MDA par kg de la viande qui diminué avec le temps. Les échantillons incorporé par l'amande douce est également présent des teneurs faible qui diminué avec le temps (1H, 2H et 4H) à l'ordre de 0,288 ; 0,278 et 0,209 mg équivalent MDA par kg de la viande successivement.

L'échantillon de 5% a enregistré le teneur le plus important après quatre heures de conservation 0,821mg alors que le teneur le plus réduit 0,192mg.

D'après Das et al. (2016) les antioxydants naturels des fruits et légumes peuvent également contribuer à la stabilité de l'oxydation de la viande ovine. Et d'autres travaux similaires (Andrés et al. 2017), ont montrés que l'ajout des extraites en poudre de certains fruits et légumes sur la viande ovine a un effet protecteur pendant 15 jours de réfrigération avec un taux d'inhibition de 40% par rapport au traitement témoin. Pourrait aussi influencer les caractéristiques de la viande ovine en fonction de leurs contenus phénoliques.

On constate que l'inhibition de l'oxydation lipidique de la viande incorporée aux amandes amère et douce après 1h, 2h et 4h de conservation est due aux richesses des amandes en composés phénoliques.

Certainement les résultats obtenus ont démontré une relation positive entre l'activité antioxydante des amandes et l'inhibition de l'oxydation. En effet les viandes incorporées aux amandes amères révèlent une meilleure conservation par rapport à celles incorporé aux amandes douces.

Cependant les variations remarquées entre les différentes doses utilisées peuvent être due à la mauvaise complexassions entre les radicaux libres et les composés antioxydants.

Conclusion

Le présent travail s'intéresse à l'étude comparative des amandes amères et douces et l'effet de la température de grillade (140°C, 150°C et 160°C) sur leurs compositions biochimiques y compris leurs composants polyphénoliques et l'activité antioxydant.

D'autre part, l'évaluation de l'indice de fraîcheur de la viande suite à l'addition de la poudre de l'amande douce et amère à différents pourcentages dans la viande ovine

A la lumière de nos résultats on conclut que :

La teneur en eau des amandes douces est plus importante que celle des amandes amères à l'état cru avec un écart de 26,18 % ; la teneur en eau la plus élevée a été enregistrée à T160 chez les amandes amères. La température est disproportionnelle à l'humidité.

D'après les résultats enregistrés, la teneur en matière sèche dans les amandes amères à l'état cru à T0 est légèrement supérieure au celle des amandes douces. Après rôissage, les teneurs en matière sèche des amandes amères sont approximativement égales à celle des amandes douces.

On déduit que plus la température augmente, le taux en matière sèche augmente et la teneur en eau diminue.

On constate que le taux en cendre est légèrement différent entre les amandes amères et de les amandes douces, avec un rapport de différence de (31.33% et 12,58%) respectivement.

Les résultats obtenus illustrent des valeurs neutres de pH.

Une légère différence a été observée entre les quantités des huiles obtenues de chaque échantillon des amandes amères grillé par rapport à celles récupérées des amandes témoins.

Les échantillons d'amandes douces torréfiés ont des teneurs en lipides significativement plus faibles que celles des non torréfié et nous avons remarqué une augmentation progressive des taux des protéines dans les amandes douces.

La teneur des protéines la plus élevée est notée à T150 dans les amandes amères aussi la même valeur est obtenue à T160 chez les amandes douces.

Les résultats du dosage révèlent l'influence de la température sur composés phénoliques totaux. Le taux des composés phénoliques diffèrent d'une température à une autre et la T150, elle a donné la teneur la plus importante en polyphénol dans les deux variétés par rapport aux autres températures.

De même, les flavonoïdes totaux, donné la teneur la plus importante à la T150 et ils sont plus abondants dans les amandes amères torréfié que dans les amandes douces.

Il ressort de l'étude de l'activité antioxydante, évaluée par le test DPPH, que seul l'extrait d'amande amère torréfié à T160°C présente un effet antiradicalaire sur le DPPH et en comparaison avec l'activité de l'acide ascorbique, elle est très faible.

L'ajout de la poudre d'amandes inhibe considérablement l'oxydation lipidique. En effet en absence de la poudre les taux de l'MDA atteignent 2mg /kg Par ailleurs, l'augmentation de pourcentages de la poudre diminue significativement les teneurs en MDA dans les amandes douces et amères. On déduit que le meilleur pourcentage est 15%.

En perspectives

Il est souhaitable d'élargir l'étude de l'amande amère afin de mieux l'utilisé à des fins diverses.

Élimination dans la limite de possible sans l'amertume d'où la nécessité d'effectuer le dosage de cyanure.

Connaitre le profil des lipides afin de mieux consommé l'amande amère (prévention de la maladie cardiovasculaire)

Elargir l'étude de profil des composants phénoliques afin de mieux les maîtriser dans l'alimentation dans l'ordre générale et la conservation plus précisément.

Rechercher avec des moyen très avancée la méthode la plus appropriée quant à l'éventuelle extraction des composant phénolique et d'autre testes pour la mise en évidence l'activité antioxydant dans l'amande amère.

Références bibliographiques

AFNOR (1982). Recueil de normes françaises des produits dérivés des fruits et légumes jus de fruits. *ED. AFNOR.*

Ajandouz E.H., Puigserver A., (1999). Non enzymatic browning reaction of essential amino acids: effect of pH on caramelization and Maillard reaction kinetics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, p 1786-1793.

Ames J.M., (1990). Control of the Maillard reaction in food systems. *Trends in Food Science and Technology*, Vol.1, No.1, Juliet, ISSN 09242244, p 150-154.

Ames J.M., Bates L., Mcdougall D.B., (1993). Colour development in an intermediate moisture Maillard model system. In *The Maillard reactions in chemistry, food and health*. Labuza T. P., Reineccius G. A., Monnier V. M., O'brien J., Baynes J. W., Ed., London: Roy. Soc. Chem., p 120-126.

Anderson C.M., Hallberg A., Hogberg T., (1996). Advances in development of pharmaceutical antioxidants. *Adv. Drug. Res*, 28: p 65-180.

Andrés, A. I., Petrón, M. J., Adámez, J. D., López, M., & Timón, M. L. (2017). Food by-products as potential antioxidant and antimicrobial additives in chill stored raw lamb patties. *Meat Science*, 129, 62-70

AOAC (2000). (Association of Official Analytical Chemists). *Official Methods of analysis International*. 17th Ed. Washington, DC: AOAC.

Arnoldi A., Arnoldi C., Baldi O., Ghizzoni C., (1990). Effect of lipids in the Maillard reaction. In *The Maillard reactions in food processing, human nutrition and physiology*. Finot P. A., Aeschbacher H. U., Hurrell R. F., Liardon R., Ed., Birkhäuser, p133-138

Ashoor S.H., Zent J.B., (1984). Maillard browning of common amino-acid. *Journal of Food Science*, 49, p1206-1207.

Assoumani M.B., Maxime D., N'guyen N.P., (1993). Evaluation of a lysine-glucose Maillard model system using three rapid analytical methods. In *The Maillard reactions in chemistry, food and health*. Labuza T. P., Reineccius G. A., Monnier V. M., O'brien J., Baynes J. W. (Eds.), London: Roy. Soc. Chem., p 43-48.

Atapour M., et Kariminia H-R., (2011). carактерization and transesterification of Iranian bitter almond oil for biodiesel production. *Elsevier Ltd*, doi:10.1016/j. apenergy. 2011.01.014.

Bansa I.P., Sannd R., Srikanth N., Lavekar G.S., (2009). Effect of a traditionally designed nutraceutical on the stress induced immunoglobulin changes at Antractica. *Afr J biochemRes*, v.3, p1084-88.

Bastos D.M., Monaro E., Siguemoto É., Séfora M., (2012). Produits de réaction de Maillard dans les aliments transformés : Avantages et inconvénients, Procédés industriels alimentaires - Méthodes et équipements, Dr. Benjamin Valdez (Ed.), ISBN : 978-953-307-307-905-9, p281.

Belyagoubi., (2011). Activité antioxydant des extraits des composés phénoliques de dix plantes médicinales de l'Ouest et du Sud-Ouest Algérien *Thèse, Université Aboubakr Belkaïd Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, des Sciences de la Terre et de l'Univers Tlemcen*, p15-18

Benavente-Garcia O., Castillo J., Marin F.R., Ortuno A., Del Rio J.A., (1997). Uses and properties of Citrus flavonoids. *J. Agric. Food Chem.* 45: p 4505–4515.

Berryman C.E., Preston A.G., Karmally W., Deckelbaum R.J., Kris-Etherton P.M., (2011). Effects of almond consumption on the reduction of LDL-cholesterol: a discussion of potential mechanisms and future research directions. *Nutrition Review*, 69 : p 171-85.

Bhat R Liong M-T , Abdorreza M.N , Karim A.A,(2012). Evaluation of free radical scavenging activity and antioxidant potential of a few popular green leafy vegetables of Malaysia . *Int .J.Food Prop.* (16) : p 1371-1379

Birlouez-Aragon I., Mas P.A., Ait Ameer L., Locquet N., (2004). Fluorescence Fingerprints as a Rapid Predictor of the Nutritional Quality of Processed and Stored Foods. De St Louvent, E. & Zude, M. *Czech Journal of Food Science*, 22, p 68-71.

Bossokpi I.P.L., (2002). Etude des activités biologiques de Fagaraxanthoxyloïdes LAM (Rutaceae). Thèse de pharmacie, Bamako, p 133.

Bruneton J., (1993). Pharmacognosie : Phytochimie, Plantes médicinales. 2ème édition, *Lavoisier Techniques & Documentation*, Paris.

Buchner N., Krumbein A., Rohn S., Kroh L.W., (2006). Effect of thermal processing on the flavonols rutin and quercetin. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 20: p 3229–3235.

Buera P., Chirife J., Resnik S.L., Wetzeler G., (1987). Nonenzymatic browning in liquid model systems of high water activity: kinetics of color changes due to Maillard reaction between different single sugars and glycine in comparison with caramelization browning. *Food Chemistry*, 52, p 1063-1067.

Cerny C., (2008). The aroma side of the Maillard reaction. *Annals of the New York Academy of Sciences*. Vol. 1126, No.1, April, ISSN 0077-8923,p 66–71.

Chang C.C., Yang M.H., Wen H.M., Chen J.C., (2002). Estimation of total flavonoides content in propolis.

Chen C.Y., Milbury P.E., Lapsley K., Blumberg J.B. (2005). Flavonoids from almond skins are bioavailable and act synergistically with vitamins C and E to enhance hamster and human LDL resistance to oxidation. *The Journal of Nutrition*, 135: p 1366–1373.

Chung K., Wong T.Y., Wei C., Huang Y., Lin Y. (1998). Tannins and human health. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr*, 38: p 421-464.

Ciemniewska-Z_ ytkiewicz H., Verardo V., Pasini F., Bry_s J., Koczon P., Caboni M. F., (2015b). Determination of lipids and phenolic fraction in two hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars grown in Poland. *Food Chemistry*,p 168, 615-622.

Clotet R., Erruz E., Valero J., (1994). Brunissement non enzymatique dans un aliment complexe en fonction du temps, de l'activité de l'eau, du pH et de la température : corrélations. *IAA*, p 111, 667-670.

Couplan F., (2012). Les plantes et leurs noms : histoires insolites. Edition Quae. p 170.

Cowan M.M., (1999). Plant Products as Antimicrobial Agents. *Clin. MicrobiolRe*, 12 (4): p564-582.

Crozier A., Clifford M.N., Ashihara H., (2006). Plant Secondary Metabolites: Occurrence, Structure and Role in the Human Diet. Edt Black well Publishing Ltd.

Dai J., Mumper R., (2010). Plant Phenolics : Extractio., Analysis and Their Antioxydant and Anticancer Propretie Antioxydant and Anticancer Propreties. *Molecules 15 (10)* : p 7313-7352.

Das A. K., Rajkuma, V., Nanda, P. K., Chauhan P., Pradhan S. R., Biswas S. (2016). Antioxidant efficacy of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp

Dills W.L., (1993). Protein fructosylation: fructose and the Maillard reaction. *American Journal of Clinical Nutrition*, 58, p 779-787.

Ebrahimzadeh M.A., Pourmorad F., Bekhradnia A.R., (2008), Iron chelating activity screening, phenol and flavonoid content of some medicinal plants from Iran, *African Journal of Biotechnology*, **Ksouri R., Falleh H., Megdiche W., Trabelsi N., Hamdi B., Chaieb K., Bakhrouf A., Magné C., Abdelly C., (2009),** Antioxidant and antimicrobial activities of the edible medicinal halophyte *Tamarix gallica* L and related polyphenolic constituents, *Food and Chemical Toxicology*, 47(8): 2083-2091.

Edenharder R., Grünhage D., (2003). Free radical scavenging abilities of flavonoids as mechanism of protection against mutagenicity induced by tert-butylhydroperoxide or cumenehydroperoxide in *Salmonella typhimurium* TA102. *Mutat. Res*, 540: p 1–18.

El Gharras H., (2009). Polyphenols: Food sources. properties and applications - A review. *International Journal of Food Science and Technology* 44(12) : p 2512-2518

Emerenciano V.P.B.K., (2007). Self organising maps in chemotaxonomic studies of Asteraceae : a classification of tribes using flavonoid data. *Journal of Brazilian Chemical Society*, 18 (5) : p 892.

Finot P., (2005). Historical perspective of the Maillard reaction in food science. *Ann. N.Y. Acad. Sci*, vol. 1043, no 1, juin, p 1.

Frison-Norrie S., Sporns P., (2002). Identification and quantification of flavonol glycosides in almond seed coats using MALDI-TOF MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, p 2782–2787.

Gallouin François., (2013). Des fruits et des graines comestibles du monde entier, *Lavoisier*, p 59.

Garrido I., Monagas M., Gómez-Cordovés C., Bartolomé B., (2008). Polyphenols and antioxidant properties of almond skins: Influence of industrial processing. *Journal of Food Science*, 73, C106–C115.

Garrido I., Monagas M., Gómez-Cordovés C., Bartolomé B., (2008). Polyphenols and antioxidant properties of almond skins: Influence of industrial processing. *Journal of Food Science*, 73, C106–C115.

Gerrard J., (2002a). New Aspects of an AGEing Chemistry – Recent developments Concerning the Maillard Reaction. *Australian Journal of Chemistry*, Vol.55, No.5, June, ISSN 0004-9425, p299-310.

Gerrard J.A., (2002b). Protein-protein cross linking in food: methods, consequences, applications. *Trends Food Science and Technology*, Vol. 13, No. 12, December, p 391–399.

Goldberg T., Cai W., Peppia M., Dardaine V., Baliga B., Uribarri J., Vlassara H., (2004). Advanced Glycoxidation End Products in commonly consumed foods. *J. Am. Régime alimentaire. Assoc.* vol. 104, no 8, Août , ISSN 0002-8223, p 1287-1291.

Gomaa E. Z. (2013). In vitro Antioxidant, Antimicrobial, and Antitumor Activities of Bitter Almond and Sweet Apricot (*Prunus armeniaca* L.) Kernels. *Food Sci. Biotechnol.* 22(2): DOI 10.1007/s10068-013-0101-1, p 455-463

Gresele P., Cerletti C., Guglielmini G., Pignatelli P., De Gaetano G., Violi F., (2011). Effects of resveratrol and other wine polyphenols on vascular function: an update. *J. of Nutr. Biochem.*, (22) : p 201–211.

Hammiche V., Merad R., Azzouz M., (2013). Plantes toxiques à usage médicinal du pourtour méditerranéen, *Springer*, Paris, p 409.

Haslam E., (1996). Natural polyphenols (vegetable tannins) as drugs: possible modes of action. *J. Nat Pro*, 59: p 205-215.

Havsteen B.H., (2002). The biochemistry and medical significance of the flavonoids. *Pharmacol. Therapeut*, 96: p 67– 202

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

Hodek P., Trefil P., Stiborova M., (2002). Flavonoids-potent and versatile biologically active compounds interacting with cytochromes. *Chem. Biol. Interact*, 139: p 1–21.

Hodge J., (1953). Chimie des réactions de brunissement dans les systèmes modèles. *J. Agric. Food Chem*, vol. 1, no 15, Octobre , ISSN 0021-8561, p 928.

http://www.afsca.be/comitescientifique/avis/2016/_documents/Avisrapide11-2016_SciCom_2016-14_acidehydrocyanique.

INRAA., (2006). Institut national de la recherche agronomique d'Algérie. Deuxième rapport national sur l'état des ressources phytogénétiques, p 49.

Jackson E. M., (1992). Facial moisturizers and wrinkles. *Dermatol. Nurs.*, 4(3). p 205-207.

Khan M. K., (2010). Polyphénols d'Agrumes (flavanones) : extraction de glycosides de la peau d'orange. synthèse de métabolites chez l'homme (glucuronides) et étude physico-chimique de leur interaction avec le sérum albumine. 169. Thèse de doctorat. Univ. Marrakech

Ksouri R., Megdiche W., Debez A., Falleh H., Grignon C., Abdelly C., (2007). Salinity effects on polyphenol content and antioxidant activities in leaves of the halophyte *Cakilemaritima*. *Plant. Physiol Bioch*, 45: p 244-249.

Ksouri R., Megdiche W., Falleh H., Trabelsi N., Boulaaba M., Smaoui A., Abdelly C., (2008), Influence of biological, environmental and technical factors on phenolic content and antioxidant activities of Tunisian halophytes, *Comptes Rendus biologies*, 331(11): 865-873.

Lafay S., Gil-izquierdo A., (2008). Bioavailability of phenolic acids. *Phytochem Rev.*,(7) : p 301–311.

Leclère J., Birlouez-Aragon I., Méli M., (2002). Fortification of milk with iron-ascorbate promotes lysine glycation and tryptophan oxidation. *Food Chemistry*, **76**, p 491-499.

Lee K.W., Hur H.J., Lee C.Y., (2005). Antiproliferative effects of dietary phenolic substances and hydrogen peroxide. *J. Agric. Food Chem*, 53: p 1990-1995.

Leong L.P., Shui G., (2002). An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food Chem*, 76: p 69-75.

Lin J.T, Liu S.C., Hu C.C., Shyu Y.S., Hsu C.Y., Yang D.J., (2016). Effects of roasting temperature and duration on fatty acid composition, phenolic composition, Maillard reaction degree and antioxidant attribute of almond (*Prunus dulcis*) kernel. *Food chemistry* 190: p 520-528.

Liu Z., Lin X., Huang G., Zhang W., Rao P., Ni L., (2014b). Prebiotic effects of almonds and almond skins on intestinal microbiota in healthy adults. *Anaerobe*, 26, p 1–6.

Maisuthisakul P., Pongsawatmanit R., Gordon M.H., (2007), Assessment of phenolic content and free radical scavenging capacity of some Thai indigenous plants, *Food Chemistry*, 100(4): 1409-1418.

Malešev D., et Kuntić V. (2007). Investigation of metal-flavonoid chelates and the determination of flavonoids via metal-flavonoid complexing reactions. *Journal of the serbian chemical society*, 72 (10) : p 921

Mandalari G., Arcoraci T., Martorana M., Bisignano C., Rizza L., Bonina F. P., Trombetta D., Tomaino A., (2013). Antioxidant and photoprotective effects of blanch water, a by-product of the almond processing industry. *Molecules: A Journal of Synthetic Chemistry and Natural Product Chemistry. [Electronic resource]*, 18, p 12426–12440.

Mandalari G., Bisignano C., Genovese T., Mazzon E., Wickha M. S., Paterniti I., Cuzzocrea S., (2011a). Natural almond skin reduced oxidative stress and inflammation in an experimental model of inflammatory bowel disease. *International Immunopharmacology*, 11, p 915–924.

Mandalari G., Faulks R. M., Bisignano C., Waldron K. W., Narbad A., Wickham M. S., (2010b). *In vitro* evaluation of the prebiotic properties of almond skins (*Amygdalus communis* L.), *FEMS Microbiology Letters*, 304, p 116–122.

Mandalari G., Tomaino A., Arcoraci T., Martorana M., Turco V. L., Cacciola F., Rich, C. T., Bisignano C., Saija A., Dugo P., Cross, K. L., Parker, M. L., Waldron K. W., Cross K. L., (2010c). Characterization of polyphenols, lipids and dietary fibre from almond skins (*Amygdalus communis* L). *Journal of Food Composition and Analysis*, 23, p 166–174.

Middleton E., Kandaswami C., Theoharides T.C., (2000). The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease and cancer. *Pharmacol Rev*, 52: p 673-839.

Moayedi A., Karamatollah R., Sohrab M. Behnam K., (2010). Chemical composition of oils from several wild almond species. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, *in press*. Doi: 10.1007/s11746-010-1701-z.

Monagas M., Garrido I., Lebrón-Aguilar R., Bartolome B., Gómez-Cordovés C., (2007). Almond [*Prunus dulcis*(Mill.) DA Webb] skins as a potential source of bioactive polyphenols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, p 8498–8507.

Morales F., Van Boekel M., (1997). A study on advanced Maillard reaction in heated casein/sugar solutions: fluorescence accumulation. *International Dairy Journal*, Vol. 7, No.11, octobre, ISSN 0958-6946, p 675-683.

Moure A., Pazos M., Medina I., Dominguez H., Parajo J.C., (2007). Antioxidant activity of extracts products by solvent extraction of almond shells acid hydrolysates. *Food chem.*, 101, p 193-201.

Narayana K.R., Reddy M.S., Chaluvadi M.R., Krishna D.R., (2001). Bioflavonoids classification. pharmacological. biochemical effects and therapeutic potential. *Indian journal of pharmacology.*, (33) : p 2-16.

Nass N., Bartling B., Santos A.N., Scheubel R.J., Börgermann J., Silber R.E., Simm A., (2007). Advanced glycation end products, diabetes and ageing.. *Z. Gerontol. Geriat*, vol. 40, no 5, Octobre, p 349-356.

Nijveldt R.J., Nood E., Hoorn D.E., Boelens P.G., Norren K., Leeuwen P., (2001). Flavonoids: A review of probable mechanisms of action and potential applications. *Am. J. Clin Nutr*, 74 : p 418–425.

Nkhili E.Z. (2009). Polyphénols de l’Alimentation : Extraction. Interactions avec les ions du Fer et du Cuivre. Oxydation et Pouvoir antioxydant. Thèse de doctorat. Univ. Marrakech., p320.

Nursten H., (2005). *The Maillard reaction: chemistry, biochemistry and implications*, Royal Society of Chemistry, ISBN 0-85404-964-9, Londres, Royaume-Uni.

O’Kennedy R., Thornes R.D., (1997). Coumarins: Biology, Applications and Mode of Action. John Wiley & Sons Inc. New York. N.Y.

Özcan M.M., Unver A., Erkan E., Arslan D., (2011). Characteristics of some almond kernel and oil. *ScientiaHorticulturae*. V.127: p 330-333.

Özcan M.M., UNVER A., ERKAN E., ARSLAN D., (2011). Characteristics of some almond kernel and oils. *Scientia Horticulture*, V.123, p 330-333.

Ozdemir M., Seyhan F.G., Bakan A.K., Ilter S., Ozay G., Devres O., (2001). Analysis of internal browning of roasted hazelnuts. *Food Chem.*, 73, p 191-196.

Pinelo M., RUBILAR M., SINEIRO J., NUNEZ M.J., (2004). Extraction of antioxidant phenolics from almond hulls (*Prunus amygdalus*) and pine sawdust (*Pinuspinaster*). *Food chemistry*, v.85, p 267-273.

Prieur C. R., Cheynier V., Moutounet M., (1994). Oligomeric and polymeric procyanidins from grape seeds. *Phytochemistry* 36(3) : p 781-784.

Puri A., Sahai R., Singh K.L., Saxena R.P., (2000). Immuno stimulant activity of dry fruits and plant materials which are used in the Indian traditional medical system for mother safter child birth and invalids. *J Ethanopharmacol*, v.71, p.89-92.

Rahman I., Biswas S.K., Kirkham P.A., (2006). Regulation of inflammation and redox signaling by dietary polyphenols. *Biochem Pharmacol*, 72: p 1439-1452.

Rangkadilok N., Sitthimonchai S., Worasuttayangkurn L., Mahidol C., Ruchirawat M., Satayavivad J., (2007). Evaluation of free radical scavenging and antityrosinase activities of standar dizedlongan fruits extract. *Food Chem. Toxicol*, 45: p 328-336.

Renn P.T., Sathe S.K., (1997). Effect of pH, temperature, and reactant molar ratio on L-leucine and D-glucose Maillard browning reaction in an aqueous system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, p 3782-3787.

Rizzi G., (2008). The strecker degradation of amino acids: newer avenues for flavor formation. *Food Reviews International*, vol. 24, 2008, ISSN: 1525-6103, p 416-435.

Rohn S., Buchner N., Driemel G., Rauser M., Kroh L. W., (2007). Thermal degradation of onion quercetin glucosides underroasting conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, p 1568–1573.

Samarth R.M., Panawar M., Soni A., Kumar M., (2008). Evaluation of antioxidant and radical-scavenging activities of certain radioprotective plant extract, *Food Chemistry*, p 106,868-873.

Sang S., Lapsley K., Jeong W.S., Lachance P.A., Ho C.-T., Rosen R.T., (2002). Antioxidative phenolic compounds isolated from almond skins (*Prunus amygdalus Batsch*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, p 2459–2463.

Schaller E., Bosset J.O., Escher F., (1998). ‘Electronic Noses’ and their application to food. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, Vol.31, No.4, April, p 305-316.

Singleton V.L., Rossi J.A., (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, p 144-158.

Stanimirova I., Boucon C., Walczaka B., (2011). Relating gas chromatographic profiles to sensory measurements describing the end products of the Maillard reaction. *Talanta*, Vol. 83, No. 4, January, ISSN 0039-9140, p 1239–1246.

Sui Kiat C., Cesarettin A., Bradley W., Bolling F.S., (2016). Nuts and their co-products: The impact of processing (roasting) on phenolics, bioavailability, and health benefits – A comprehensive review

Szczesniak A. S., (2002). Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, Vol.13, No.4, June, ISSN 0950-3293, p 215–225.

Takeoka G., Dao L., Teranishi R., Wong R., Flessa S., Harden L., Edwards R., (2000). Identification of three triterpenoids in almond hulls. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, p 3437–3439.

Tessier A., (2014). L’amandier : Douleur des contusions, des brûlures, laxatif, vieillissement de la peau... Riche en potassium- *Articles scientifique phyto-Aroma (thérapie)*.

Thiry E., (2016). Comité scientifique de l’Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne Alimentaire, « Proposition d’une limite d’action pour l’acide cyanhydrique dans les amandes d’abricot amères et douces », *SciCom*.

Thodberg S., (2018). Elucidation of the Amygdalin Pathway Reveals the Metabolic Basis of Bitter and Sweet Almonds (*Prunus dulcis*), *Plant Physiol.*, vol. 178, no 3, 2018, p 1096-1111

Thomas-Barberan F., Clifford M., (2000). Dietary hydroxybenzoic acid derivatives- nature, occurrence and dietary burden. *J. Sci. Food Agric.*, (80) : p 1024-1032.

- Tonelli N., (2013).** Des fruits et des graines comestibles du monde entier, *Lavoisier*, p 59.
- Tozanli S., (2018).** Étude du marché algérien intérieur et import/export de la pistache, de la câpre, de l'amande amère et du safran. *Expert chaîne globale de valeur. PAP.ENPARD*.
- Trabelsi N., Megdiche W., Ksouri R., Falleh H., Oueslati S., Bourgou S., Hajlaoui H., Abdelly C., (2010),** Solvent effects on phenolic contents and biological activities of the halophyte *Limoniastrum monopetalum* leaves, *Food Science and Technology*, 43(4): p 632-639.
- Trachi M., (2015).** Caractérisation physicochimique des amandes amères : possibilité de valorisation. *Thèse, Université M'hamed Bougara-Boumèdes, Faculté des Sciences de l'Ingénieur, Sétif*, p 149.
- Truong V.L., Bak M.J., Jun M., Kong A.N., Ho C.-T., Jeong W.S., (2014).** Antioxidant defense and hepato protection by procyanidins from almond (*Prunus amygdalus*) skins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62, p 8668–8678.
- Tsimogiannins D.I., Oreopoulou V., (2006).** The contribution of flavonoid C-ring on DPPH free radical scavenging efficiency. A kinetic approach for the 3', 4'-hydroxy substituted members. *Innovat Food Sci Emerg Tech*, 7: p 140-146.
- Van Acker S., van Balen G.P., van den Berg D.J., van der Vijgh W.J.F., (1996).** Influence of iron chelation on the antioxidant activity of flavonoids. *Biochem. Pharmacol*, 56: p 935–943.
- Van Boekel M. A., (2006).** Formation of flavor compounds in the Maillard reaction. *Biotechnology Advances*, Vol.24, No.2, Avril, ISSN 0734-9750, p 230-233.
- Waksmundzka-Hajnos., Sherma., (2011).** High Performance Liquid Chromatography in *Phytochemistry*. *Chromatographic Science Series* : p 477-478.
- Wang H.Y., Qian H., Yao, W.R., (2011).** Melanoidins produced by the Maillard reaction: Structure and biological activity *Food Chemistry*, Vol.128, No.3, October, p573-584.
- Wijeratne S.S., Amarowicz R., Shahidi F., (2006).** Antioxidant activity of almonds and their by-products in food model systems. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 83, p 223–230.

Win M. M., Abdul-Hamid A., Baharin B. S., Anwar F., Saari N. (2011). Effects of roasting on phenolics composition and antioxidant activity of peanut (*Arachis hypogaea* L.) kernel flour. *European Food Research and Technology*, p 599.

Xie L., Bolling B.W., (2014). Characterisation of stilbenes in California almonds (*Prunus dulcis*) by UHPLC–MS. *Food Chemistry*, 148, p 300–306.

Yada S., Karen L., Guangurei H., (2011). A review of composition studies of cultivated almonds: macronutrients and micronutrients. *Food composition analysis*.

Yada S., KAREN L., GUANGWEI H., (2011). Are views of composition studies of cultivated almonds: macronutrients and micronutrients. *Food composition analysis*.

Yao L.H., Jiang Y.M., SHI J., Tomas-Barberan F.A., Datta N., Singanusong R., Chen S.S., (2004). Flavonoids in Food and their health benefits. *Plant. Food Hum. Nutr*, 59: p 113-122.

Yaylayan V.A., (1990). In search of alternative mechanisms for the Maillard reaction. *Trends in Food Science and Technology*, p 1, 20-22.

Yen G.C., Lai Y.H., (1987). Influence of antioxidant on Maillard browning reaction in a caseine model system. *Journal of Food Science*, 52, p 1115-1116.

Yoshida H., Ishikawa T., Hosoi H., Suzukawa M., Ayaori M., Hisada T., (1999). Inhibitory effect of tea flavonoids on the ability of cells to oxidize low density lipoprotein. *Biochem Pharmacol*, 58: p1695–703.

Yu A.N., Zhang A.D., (2010). L'effet du pH sur la formation de composés aromatiques produits par chauffage d'un système modèle contenant de l'acide L-ascorbique avec L-thréonine/L-sérine. *Food Chemistry*, Vol.119, No.1, mars, ISSN 0308- 8146, p 214-219.

Yu J., Ahmedna M., Goktepe I., Dai J., (2006). Peanut skin procyanidins: Composition and antioxidant activities as affected by processing. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, p 364–371.

Zeghad. N. (2009). Etude du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales d'intérêt économique (*Thymus vulgaris*. *Rosmarinus officinalis*) et évaluation de leur activité antibactérienne. Mémoire de magister.Univ.Mentouri. Constantine, p22.

Zhang Y., Vareed S.K., Nair M.G., (2005). Human tumor cell growth inhibition by non toxic anthocyanidins, the pigments in fruits and vegetables. Life Sci, 76: p 1465-1472.

Zuraini Z., Rais A.,Yoga L., Sasidharan S., et Xavier R., (2008). Antioxidant Activity of *Coleus Blumei*, *Orthosiphon Stamineus*, *Ocimum basilicum* and *Mentha arvensis* from Lamiaceae Family. J Nat Eng Sci 2008; 2: p 93-95.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CONCLUSION

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

INTRODUCTION

RÉSULTATS DISCUSSION

CHAPITRE 03

REACTION MAILLARD

CHAPITRE 01

AMANDES

CHAPITRE 02

COMPOSÉS PHÉNOLIQUES

PARTIE EXPÉRIMENTALE