

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

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



Réf :

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

MASTER

Thème

**Evaluation de l'activité antioxydante du miel
enrichi avec des figes sèches**

Présenté par :

M^{elle} AMIR Houda & M^{elle} ABERBOUR Lydia

Soutenu le : 20 Septembre 2021

Devant le jury composé de :

Mme OUCHEMOUKH Nadia	MCA	Présidente
Mme TAFININE Zina	MCA	Encadreur
Mr MOKRANI Abderrahmane	MCA	Examineur

Année universitaire : 2020 / 2021



Remerciement

Avant tout, nous tenons à remercier Dieu le tout puissant qui nous a donné la santé, la volonté, le courage et la patience tout au long de notre cursus.

Au terme de ce modeste travail, nous tenons à exprimer nos vifs remerciements :

A notre promotrice Mme TAFININE pour l'honneur qu'elle nous a accordé d'accepter de nous encadrer et pour sa collaboration.

Aux membres de jury ; Mme OUCHEMOUKH et Mr MOKRANI pour avoir accepté de présider, jugé et examiné notre travail.

Au personnel du laboratoire de physicochimie des aliments particulièrement Mme IMADALOU pour leurs aides, leurs conseils et leurs gentillesse.

Enfin, il nous est fort agréable d'exprimer nos remerciements les plus chaleureux aux nombreuses personnes qui ont contribué de près ou de loin, à la bonne réalisation de ce travail.

Merci.



Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et enseignement continu pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi. Je t'aime Papa.

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude. Je t'aime Maman

Mon chère frère IDIR, à tous les moments d'enfance passés avec toi mon frère, en gage de ma profonde estime pour l'aide que tu m'as apporté. Tu m'as soutenu, réconforté et encouragé. Puissent nos liens fraternels se consolide et se pérennise encore plus.

Mon petit frère HANI que j'aime trop je te souhaite une vie pleine de succès.

Mes chères copines particulièrement HALIMA en témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble.

Mes amis LYDIA, LOUNIS et FATAH Pour leur compagnie et bons moments passés ensemble durant notre stage.

Tous ceux et celles qui me sont chers.

Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

HOUDA



*J'ai l'honneur et l'immense plaisir de dédier ce modeste travail
A la lumière de ma vie, le plus beau don de Dieu : mes chers parents qui m'ont
soutenu tout au long de mon cursus ; que Dieu vous garde pour nous.*

A mes très chers et adorables frères : Céline, Syphax et Axel.

A mes grands-parents.

A mes tantes et à mes oncles.

A chaque cousin et cousine.

A tous mes enseignants et enseignantes, à ma binôme Houda.

*A mes merveilleux et merveilleuses amis(e) avec qui j'ai passé des moments
inoubliables.*

A toute la promotion de Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire

2020 /2021.

Lydia

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....1

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Le miel

I.1. Définition du miel.....	2
I.2. Origine du miel	2
I.2.1. Le nectar	2
I.2.2. Le miellat.....	3
I.3.Composition du miel.....	4
I.3.1. Les glucides.....	4
I.3.2. L'Hydroxyméthylfurfural (HMF).....	4
I.3.3. Teneur en eau	4
I.3.4. Les protides	5
I.3.5. Sels minéraux	5
I.3.6. Les acides organiques	5
I.3.7. Les vitamines	5
I.3.8. Les lipides	5
I.3.9. Les enzymes	5
I.3.10. Composés phénoliques.....	5
I.4. Propriétés du miel.....	6
I.4.1. Propriétés physico-chimiques	6
I.4.1.1. La densité	6
I.4.1.2. La viscosité.....	6
I.4.1.3. La cristallisation.....	6
I.4.1.4. Activité de l'eau (aw).....	6
I.4.1.5. Potentiel hydrique (PH)	7
I.4.1.6. L'acidité	7
I.4.1.7.Indice de réfraction.....	7

I.4.1.8. Hydroxy-Méthyl-Furfural (HMF).....	7
I.4.1.9. Teneur en cendres.....	7
I.4.2. Propriétés biologique	7
I.4.2.1. Propriétés diététiques	7
I.4.2.2. Propriétés antioxydante.....	8
I.4.2.3. Propriétés antibactérienne	8
I.4.2.4. Propriétés organoleptique.....	9
I.5. Qualité du miel et critères permettant de contrôler cette dernière	10
I.6. Comment reconnaître un miel trafiqué.....	11

Chapitre II : La figue

II.1. Définition.....	12
II.2. Taxonomie et description botanique.....	12
II.3. Composition chimique et valeur nutritionnelle	13
II.4. Technologie de la figue sèche.....	15
II.5. Conservation des figues.....	15
II.6. Propriétés de la figue.....	18
II.6.1. Propriétés antioxydantes.....	18
II.6.2. Propriétés thérapeutiques.....	18

Chapitre III : Activité antioxydante

III.1 radicaux libres.	19
III.2. Stress oxydatif.....	19
III.3. Les antioxydants	19
III.4. Les antioxydant du mélange miel- figue sèche.....	20
III.4.1. Les polyphénols.....	20
III.4.2. Les flavonoïdes.....	21
III.4.3. Les caroténoïdes.....	21
III.4.4. L'acide ascorbique (vitamine C).....	22

Partie expérimentale

IV. Matériels et méthodes

IV.1. Echantillonnage	23
IV.2. Préparation des mélanges de miel avec la figue sèche.....	23
IV.3. Extraction des antioxydants.....	24
IV.4. Dosage des antioxydants.....	24
IV.4.1. Dosage des polyphénols.....	24
IV.4.2. Dosage des flavonoïdes	24
IV.4.3. Dosage des caroténoïdes.....	25
IV.4.4. Dosage de l'acide ascorbique (vitamine C).....	25
IV.5. Activité antioxydante	26
IV.5.1. Activité antiradicalaire (DPPH).....	27
IV.5.2. Pouvoir réducteur.....	27
IV.5.3. La réduction de molybdate.....	27
IV. 6. Analyse statistique.....	28

V. Résultats et discussion

29

V.1. Dosage des antioxydants.....	29
V.1.1. Les polyphénols.....	29
V.1.2. Flavonoïdes.....	30
V.1.3. Les caroténoïdes	32
V.1.4. Acide ascorbique	33
V.2. Activité antioxydante.....	34
V.2.1. Le pouvoir réducteur.....	34
V.2.2. L'activité anti radicalaire DPPH.....	36
V.2.3. La réduction du molybdate.....	37

VI. Conclusion.....

39

Liste des abréviations

HMF : Hydroxyméthylfurfural

HO⁻ : Hydroxyle

O₂⁻ : Superoxyde

A_w : Activité de l'eau

ERO : Espèces réactive de l'oxygène

¹O₂ : Oxygène singulet

³O₂ : Oxygène moléculaire triplet

EAG : Equivalent en Acide Gallique

EQ : Equivalent en Quercitine

DCPIP : 2,6- dichlorophénolindophenol

EAA : Equivalents d'Acide Ascorbique

DPPH : 2, 2-diphényl-1-picrylhydrazyl

K₃Fe(CN) : Ferricyanure de potassium

TCA : Acide trichloracétique

ANOVA : Analyse de la variance.

Liste des figures

Figure N°1 : Coupe transversal de la figue.....	13
Figure N°2 : Diagramme de fabrication des figes sèches.....	17
Figure N°3 : Structure du noyau phénol.....	20
Figure N°4 : Squelette de base des flavonoïdes.....	21
Figure N°5 : structure chimique de quelques caroténoïdes.....	22
Figure N°6 : Structure chimique de l'acide ascorbique.....	22
Figure N°7 : Miels utilisés.....	23
Figure N°8 : Figue sèche utilisée.....	23
Figure N°9 : Teneur en polyphénols des échantillons étudiés.....	30
Figure N°10 : Teneur en Flavonoïdes des échantillons étudiés.....	31
Figure N°11 : Teneur en caroténoïdes des échantillons étudiés.....	33
Figure N°12 : Teneur en acide ascorbique des échantillons étudiés.....	34
Figure N°13 : Pouvoir réducteur des échantillons.....	35
Figure N°14 : Activité antiradicalaire des échantillons étudiés.....	37
Figure N°5 : Réduction du molybdate des échantillons.....	38

Liste des tableaux

Tableau I : Principales différences entre miel du nectar et de miellat	4
Tableau II : Classification de l'espèce <i>Ficus carica</i>	12
Tableau III : Composition et valeur nutritive de la figue	14
Tableau IV : Composition en vitamines de la figue	14
Tableau V : Identification des miels analysés	24

Introduction

L'organisme humain subit un phénomène d'oxydation, ce qui engendre le stress oxydatif qui est impliqué dans de très nombreuses maladies (**Favier 2003**). Il est caractérisé par la production excessive des radicaux libres par l'organisme. Ces derniers sont des composés très réactifs comportant un électron célibataire et nécessaires à des mécanismes vitaux. La surproduction de ces radicaux peut être néfaste pour l'organisme (**Kœchlin-Ramonatxo 2006**). L'organisme humain utilise des systèmes de défense antioxydant qui jouent un rôle vital dans la neutralisation des radicaux libres et la protection contre la dégradation oxydative (**Noor et al, 2014 ; Trifunskhi et al, 2015**).

L'utilisation des produits de la ruche, tel que le miel dans la médecine traditionnelle a connu un regain d'attention et d'intérêts dans le monde. Ce dernier a reçu beaucoup d'attention vue son intérêt qui est attribué à ces propriétés antibactériennes, anti-inflammatoires, antivirales et antioxydantes. Il est d'une grande utilisation dans le domaine thérapeutique pour le traitement des maladies (**Azeredo et al., 2003**).

Les fruits sont également très riches en antioxydants, ils fournissent beaucoup d'éléments nutritifs qui sont essentiels à notre corps. Comme exemple, nous pouvons citer les figues qui sont utilisées pour leurs vertus médicinales dans le traitement contre les affections pulmonaires, la toux, les troubles de la circulation sanguine, les varices et l'asthme (**Jeddi., 2009 ; Soniet al, 2014**). Elles fournissent de précieux antioxydants ayant la capacité de neutraliser ou de réduire les dommages causés par les radicaux libres dans l'organisme humain (**Haessleinet al, 2008**).

L'objectif principal de notre étude c'est de s'intéresser à l'évaluation de l'activité antioxydante de quelque échantillon de miel additionnés de figue sèche. Le présent document est subdivisé en deux parties

- La première partie est consacrée à rassembler des données bibliographiques sur le miel, la figue sèche et les antioxydants ;
- La seconde partie définit l'étude expérimentale: en commençant par le matériel et méthodes, puis les résultats et discussions et enfin une conclusion générale est donnée avec des perspectives.

I. Le miel

I.1. Définition du miel

Le miel est la substance naturelle sucrée produite par les abeilles *Apis mellifera* à partir du nectar de plantes, de sécrétions provenant de parties vivantes de plantes ou d'excrétions d'insectes butineurs laissées sur celles-ci, que les abeilles butinent, transforment en les combinant avec des substances spécifiques qu'elles sécrètent elles-mêmes, déposent, déshydratent, emmagasinent et laissent affiner et mûrir dans les rayons de la ruche.

(Codex Alimentarius. 2001)

Le miel a une composition complexe composée d'une concentration élevée de sucres combinés avec des minéraux, des acides aminés libres, des enzymes, des vitamines, des composés phénoliques et de nombreux composés volatils **(Da Silva et al, 2016)**.

I.2. Origine du miel

En fonction de l'origine, il existe deux types de miel : miel de fleurs ou miel de nectars et miel de miellat **(Gupta et al, 2014)**.

I.2.1. Le nectar

Le nectar est produit par des organes propres aux végétaux supérieurs, qui portent le nom de nectaires. Ce sont des structures glandulaires de petite dimension dont la localisation est très variable, qui reçoivent un canal (faisceaux libéro-ligneux) acheminant la sève de la plante. On distingue des nectaires floraux (à la base des fleurs), et des nectaires extra floraux (sur les feuilles, les tiges ou les autres parties de la plante **(Von Frisch, 2011)**).

Le nectar se forme à partir de la sève de la plante, mais sa composition diffère de celle de la sève, c'est une solution aqueuse plus ou moins visqueuse en fonction de sa teneur en eau qui peut être très variable. La matière sèche représente 5 à 80 % du nectar. Cette matière sèche est formée de 90% de sucres dont les plus courants sont le saccharose, le glucose et le fructose. Outre les sucres, on peut trouver des acides organiques, des protéines dont des enzymes et des acides aminés, des substances aromatiques et des composés inorganiques (phosphate entre autre). Tous ces éléments vont donner aux miels leurs couleurs et leurs arômes **(Clémence, 2005)**.

I.2.2. Le miellat

C'est un liquide sucré sécrété par des hémiptères essentiellement des pucerons (*Buchneria*) ou des cochenilles (*Physokermes hemicryphus*), à partir de la sève des végétaux et dont se nourrissent les fourmis et les abeilles (**Querzy et Zuttum, 1997**). **Ravazzi (1996)** ajoute que ce dernier se distingue du miel par sa composition plus poisseuse et par sa forte teneur en protéines ; Il note aussi qu'il y a plusieurs types de miellats différents par leur couleur, parfum, saveur, composition et vitesse de cristallisation.

Selon son origine, il existe deux types de miellats:

➤ **Miellat d'origine animale**

Il est produit par des pucerons qui attaquent les feuilles particulièrement riche en liquide sucré, ces pucerons ne digérant qu'une faible partie de la matière absorbée, et expulsent la plus grande portion de liquide qui retombe sur les feuilles en gouttes (**Bendahou et Hasnat, 2005**).

➤ **Miellat d'origine végétale**

Il provient d'exsudation des feuilles. On peut alors le voir perler toutes les orifices stomatiques et se réunir en gouttelettes sucrées sur toute la surface de la feuille, surtout sur la face inférieure (**Bendahou et Hasnat, 2005**).

• **Principales différences entre miel de nectar et miel de miellat**

Le miel de miellat est de couleur plus sombre et possède un goût plus prononcé que le miel de nectar. Il possède également des sucres plus complexes comme le mélézitose ou l'erlose, qui sont formés dans le tube digestif des abeilles. Il est aussi plus riche en azote, en acides organiques et en minéraux (Tableau I) (**Karl Vf, 2011**).

Tableau I : Principales différences entre le miel du nectar et celui du miellat (Bruneau, 2002).

Composants		Miel de miellat	Miel de nectar
PH		4.5	3.9
Minéraux (cendres)		0.58%	0.26%
Fructose et Glucose		61.6	74%
Autres sucres exprimés en % des sucres totaux	Mélézitose	8.6%	0.2%
	Raffinose	0.84%	0.03%
	Maltose + isomaltose	9.6%	7.8%

I.3.Composition du miel

La composition du miel dépend de très nombreux facteurs comprenant l'espèce végétale, la nature du sol, la race de l'abeille, l'état physiologique de la colonie, les conditions environnementales et la compétence de l'apiculteur (Azeredo *et al.* 2003 ; Jean-post et Médori, 2005).

I.3.1. Les glucides

Le miel est constitué de 75 à 80% de glucides avec 40% de fructose, environ 35% de glucose, un peu moins de 2% de saccharose selon les plantes que les abeilles ont butinés, ainsi que de 2% de maltose et de divers polysaccharides. Les miels sont formés de quatre à plus de dix sucres différents (Prost, 2005).

I.3.2. L'Hydroxyméthylfurfural (HMF)

Les monosaccharides, et tout particulièrement le fructose, sont dégradés en milieu acide par déshydratation moléculaire avec formation d'hydroxyméthylfurfural(HMF). Le taux d'HMF est le critère le plus fiable pour déterminer l'âge d'un miel, et son éventuelle dégradation. Ni les nectars, ni les miellats, ni les miels frais ne contiennent de l'HMF (Bouadjela et Elias., 2009). La production de l'HMF est favorisée par la forte teneur en fructose et par l'acidité du milieu. D'après le *Codex Alimentarius* (2003), la teneur en HMF ne doit pas dépasser 40mg/Kg.

I.3.3. Teneur en eau

La teneur en eau est en moyenne de 17 %. Il faut noter que certains miels de Bruyères et de Trèfle peuvent contenir jusqu'à 22-25% d'eau (Fredot, 2009).

I.3.4. Les protides

Le miel est une substance assez pauvre en protides. On y trouve des peptones, des albumines, des globulines ainsi que des acides aminés comme la proline, l'acide aspartique, l'acide glutamique, l'alanine et la cystéine (**Fredot, 2009**).

I.3.5. Sels minéraux

Le miel contient également de nombreux minéraux et oligo-éléments tel que le potassium, le calcium, le sodium, le magnésium, le manganèse, le Fer, le cuivre, le bore, le phosphore, le soufre, le zinc, le baryum, et le silicium (**Silva et al. 2009**). Certains de ces oligo-éléments jouent un rôle important dans l'équilibre ionique et les réactions enzymatiques des cellules (**Clémence, 2005 ; Vanhanenet al. 2011**).

I.3.6. Les acides organiques

Le miel contient aussi des acides dont le plus important est l'acide gluconique mais on y trouve aussi une vingtaine d'acides organiques comme les acides acétique, citrique, lactique, malique, oxalique, butyrique, pyroglutamique et succinique. A l'état de traces, le miel contient de l'acide formique, de l'acide chlorhydrique et de l'acide phosphorique (**Clémence, 2005**).

I.3.7. Les vitamines

Le miel contient essentiellement des vitamines du groupe B. Parfois on y trouve aussi de la vitamine C, ainsi que les vitamines A et K (**Da Silva et al., 2012 ; Preedy, 2013**).

I.3.8. Les lipides

Les stérols forment la très grande majorité des lipides présents dans les miels. On les retrouve sous forme de cholestérol libre et sous forme d'esters de cholestérol. Ces derniers pouvant après consommation, devenir précurseurs d'hormones stéroïdiennes, les autres lipides sont des triglycérides et des acides gras libres tels que les acides palmitique, oléique et linoléique, à l'exception du miel de tournesol, les miels ne contiennent que très peu de lipides (**Clémence, 2005**).

I.3.9. Les enzymes

Selon **Henri Clément (2009)**, de nombreuses enzymes existent dans le miel: l'invertase, l' α -amylase, la β -amylase, l' α -glucosidase, la glucose oxydase, la catalase et la phosphatase. Elles proviennent soit du nectar (origine végétale), soit des sécrétions salivaires des abeilles (origine animale).

I.3.10. Composés phénoliques

Les polyphénols possèdent une grande variété de structures allant de composés contenant un simple noyau phénolique (acide phénoliques) à des composés polymériques complexes comme les tanins (polymères de catéchine et épicatechine présentant plusieurs dizaines

d'unités. Les polyphénols constituent les principes actifs de nombreuses plantes médicinales. En outre, *in vitro*, un grand nombre de polyphénols sont reconnus pour leurs propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires, antifongiques, antivirales et anticancéreuses (**Khan, 2010**). Ces activités sont attribuées à la capacité de ces composés à réduire les radicaux libres tels que les radicaux hydroxyles (HO⁻) et superoxyde (O₂⁻) (**Nkhili, 2009**).

I.4. Propriétés du miel

I.4.1. Propriétés physico-chimiques

I.4.1.1. La densité

La densité, c'est-à-dire le rapport de la masse d'un miel avec le même volume d'eau, se détermine au pèse sirop ou au densimètre. La valeur moyenne de la densité du miel est de 1,4225 à 20°C (**Rossant, 2011**). Selon **Prost (1987)**, la densité du miel à 20°C est comprise entre 1,39 et 1,44, il ajoute qu'un miel récolté trop tôt ou extrait dans un endroit humide contient trop d'eau.

I.4.1.2. La viscosité

La viscosité du miel est conditionnée essentiellement par sa teneur en eau, sa composition chimique et la température à laquelle il est conservé ; par ailleurs, les sucres contenus dans le miel peuvent cristalliser en partie sous l'influence de certains facteurs (température, agitation, composition chimique), entraînant alors une modification complète de son aspect mais sans rien changer à sa composition (**Donnadieu, 2008**).

I.4.1.3. La cristallisation

Le miel possède également une autre propriété physique qui est la cristallisation. En effet, dans la ruche, à 35 °C, ce produit est liquide mais une fois exposé à l'air, certains de ses glucides ont tendance à se cristalliser autour d'un cristal microscopique de glucose, d'une poussière ou d'un grain de pollen. La vitesse de cristallisation dépend de la température de conservation et de la nature des sucres ainsi que leur solubilité dans l'eau (**Gonnet, 1982**). Selon **Jean Prost et Médori (2005)**, les miels riches en glucose cristallisent beaucoup plus vite que ceux riches en fructose.

I.4.1.4. Activité de l'eau (aw)

L'activité de l'eau est le facteur le plus déterminant pour la conservabilité d'une denrée alimentaire. L'influence de la composition du miel sur la valeur *aw* a été étudiée dans les travaux de **Ruegg et Blanc (1981)**. Ces valeurs varient entre 0,55 et 0,75. Les miels ayant une *aw* < 0,60 peuvent être, du point de vue microbiologique, qualifiés de stables. Bien que l'activité de

l'eau soit un facteur de qualité important, on ne la détermine que rarement (**Bogdanov et al, 2003**).

I.4.1.5. Potentiel hydrique (pH)

Le pH du miel varie entre 3,2 et 5,5. Il est généralement inférieur à 4 dans les miels de nectar et supérieur à 5 dans ceux de miellat. Les miels à pH bas se dégradent plus facilement, il faudra alors prendre un soin particulier à leur conservation (**Gonnet et Vache, 1985**).

I.4.1.6. L'acidité

L'acidité est un critère de qualité important durant l'extraction et le stockage, en raison de son influence sur la texture et la stabilité du miel. Cette acidité provient d'acides organiques dont certains sont libres et d'autres combinés sous forme de lactones. Certains de ces acides proviennent du nectar ou du miellat mais leur origine principale provient des sécrétions salivaires de l'abeille ; le principal acide dérive du glucose sous forme d'acide gluconique. Sa formation s'accompagne de dégagement d'eau oxygénée (**Bogdanov et al. 2004 ; Gomes et al. 2010**).

I.4.1.7. Indice de réfraction

L'indice de réfraction est couramment mesuré par les techniciens à l'aide d'un réfractomètre. L'indice permet de calculer une variable très importante, la teneur en eau, bien plus rapidement que les autres méthodes (**Emmanuelle et al. 1996**).

I.4.1.8. Hydroxy Méthyl-Furfural (HMF)

L'Hydroxy-Méthyl-Furfural est une molécule dérivée de la déshydratation des hexoses principalement le fructose. La teneur en HMF est un indice de fraîcheur du miel, plus il vieillit, plus la teneur est importante (**Bouadjela et Elias., 2009**).

I.4.1.9. Teneur en cendres

La détermination des cendres offre la possibilité de connaître la teneur en matière minérale globale du miel (**SILVA et al. 2009**). Ce contenu dépend fondamentalement et quantitativement des caractéristiques du sol et du climat de la région du miel (**Vanhanenet al. 2011 ; Terrabet al. 2004**).

I.4.2. Propriétés biologique

I.4.2.1. Propriétés diététiques

Le miel est un aliment glucidique à haute valeur énergétique (320 calories par 100 g ou 13400 joules / kg), il est composé essentiellement d'un couple d'hexoses :

- le glucose, qui est assimilé directement ;
- le fructose, qui est assimilé après une légère transformation.

D'autre part, le miel est source de différentes matières minérales comme le calcium, le magnésium, le soufre et le phosphore qui sont utiles au métabolisme. Différentes études ont révélé l'action bénéfique des sucres des miels, favorisant l'assimilation et la fixation par l'organisme des sels et notamment du calcium (**Chauvin, 1987**). De par sa richesse en éléments biologiques, le miel intensifie les capacités du système immunitaire, il contribue aussi à l'élévation du taux d'hémoglobine dans le sang. Ainsi, il peut être introduit dans certains régimes alimentaires. Par conséquent, il est adapté aux personnes âgées, les sportifs et les enfants. Mais il n'est pas un aliment complet car il est pauvre en protides, lipides et vitamines (**Gonnet, 1982**).

I.4.2.2. Propriétés antioxydante

L'alimentation apporte une grande variété d'antioxydants jouant un rôle important comme facteur protecteur de la santé. Des preuves scientifiques suggèrent que les antioxydants réduisent les risques de maladies chroniques, telles que les maladies cardiovasculaires, certains cancers ou le diabète de type 2. Ainsi l'apport de composés à activité antioxydante dans les aliments n'a plus pour seul objectif de préserver les qualités sensorielles du produit, mais également de renforcer sa valeur nutritionnelle (**Scalbert et al. 2005**).

Un antioxydant peut être défini comme une substance qui, lorsqu'elle est présente à des concentrations faibles comparées à celle d'un substrat oxydable, empêche ou retarde de manière significative une oxydation du substrat (**Prior et Cao, 1999 ; Haliwell, 2008**). Ils ont été classés en trois groupes en fonction de leurs natures biochimiques et leurs origines alimentaires, à savoir les vitamines, les minéraux et oligo-éléments, et les phytochimiques. Ces derniers sont ceux qui nous intéressent et qui appartiennent à la classe des composés phénoliques.

I.4.2.3. Propriétés antibactérienne :

En plus de l'activité antioxydante, le miel possède des propriétés antimicrobiennes. Certaines études ont montré que les composés du miel responsables de l'activité antibactérienne sont les composés phénoliques, notamment les tanins et les flavonoïdes, les inhibines non peroxydes tels que des lysozymes et les substances volatiles et aromatiques (**Brudzynski, 2006**).

Toutefois, l'activité antibactérienne du miel est principalement due à sa forte teneur en sucres. Son hyper-osmolarité contribue à extraire l'eau contenue dans les bactéries, ce qui a pour conséquence leur déshydratation et leur lyse (**Bessas, 2008**). Même s'ils sont dilués, les miels restent actifs face aux bactéries. Ceci est dû à la production du peroxyde d'hydrogène en présence d'eau grâce à l'activation d'une enzyme, la glucose-oxydase. Ainsi, le peroxyde

d'hydrogène formé constitue le principal agent responsable de l'activité antiseptique et antibactérienne du miel. De plus, son pH acide situé entre 3,0 et 4,5 lui confère une acidité assez élevée capable de provoquer l'inhibition de plusieurs types de bactéries (**O. Belhadj et al, 2016**).

I.4.2.4. Propriétés organoleptique

Le terme organoleptique représente toutes les descriptions des caractéristiques physiques en général du miel, telles qu'elles sont perçues par nos sens : goût, texture, odeur et couleur (**Xavier, 2018**).

➤ Couleur

La couleur du miel est l'un des facteurs qui détermine son prix sur le marché mondial et son acceptabilité par le consommateur (**Lynn et al. 1936**). Les miels ont des multiples couleurs qui sont déterminées par les espèces des fleurs butinées. Les tournesols, par exemple, donne un miel jaune d'or ; le trèfle donne un miel sucré et blanc. Le miel foncé a généralement un goût plus prononcé et sa teneur en sels minéraux est élevée ; le miel clair a une saveur plus délicate (**Bradbear, 2005**). Les pigments responsables de la coloration des miels sont principalement les caroténoïdes et les flavonoïdes (**Irina et al, 2010**).

➤ Odeur

L'odeur du miel est variable et dépend des fleurs (**Blanc, 2010**). En général, le miel a une odeur très appréciée par les consommateurs à l'exception de quelques-uns qui dégagent une odeur peu appréciable (miel amer ou naturellement acide). La plante mellifère dominante confère au miel une odeur qui lui est spécifique. En principe, cette odeur permettrait de reconnaître l'origine botanique du miel (**Mahouachi, 2008**).

➤ Texture

La texture est largement tributaire de la provenance du nectar, elle influence l'expérience gustative qui suivra et représente un trait caractéristique du miel. Celui-ci peut-être liquide, crémeux, visqueux ou même granuleux (**François, 2017**).

Les consommateurs souhaitent souvent avoir un miel crémeux. Il est possible de diriger la cristallisation afin d'obtenir une texture crémeuse. La méthode utilisée le plus fréquemment s'appelle l'ensemencement ; il s'agit de travailler avec un mélangeur un miel à grains fins cristallisés jusqu'à l'obtention de la texture recherchée (**Clémence, 2005**).

➤ **Goût et Arôme**

Le goût et l'arôme varient et dépendent de l'origine végétale, mais le miel ne doit pas présenter de goût étranger ou d'odeur étrangère (fumée, etc.) ni avoir commencé à fermenter (**Lequet, 2010**). En générale le miel mono floral a une valeur plus que le miel mélangé car il offre un choix de caractéristique de goût et de qualité distinctes (**Mehryar, 2011 ; Zhoo, 2014**). En effet, chaque miel uni floral à un arôme distinct en raison de composés volatils spécifiques pouvant être dérivés du nectar floral, sa qualité organoleptique dépend principalement de la source florale d'origine (**Kaskoniene et al, 2010**).

I.5. Qualité du miel et critères permettant de contrôler cette dernière

Selon le **Codex Alimentarius (2001)**, le miel vendu ne doit pas contenir d'ingrédient alimentaire, y compris les additifs alimentaires, et seul du miel pourra y être ajouté. Le miel ne doit pas avoir de matières, de goûts, d'arômes ou de contaminations inacceptables provenant de matières étrangères absorbées durant sa transformation et son entreposage, il ne doit pas avoir commencé à fermenter. Ni le pollen ni les constituants propres au miel ne pourront être éliminés sauf si cette procédure est inévitable lors de L'élimination des matières inorganiques ou organiques étrangères. Il ne doit pas être chauffé ou transformé à un point tel que sa composition essentielle soit changée et/ou que sa qualité s'en trouve altérée.

La qualité du miel est définie par l'Association Française de Normalisation (**AFNOR**) comme un ensemble de propriétés et de caractéristiques d'un produit ou d'un service qui lui confère l'aptitude à satisfaire les besoins exprimés ou implicites des consommateurs.

Cette définition s'applique aux produits alimentaires et aux produits culinaires mais ne peut être atteinte que par la mise en place d'actions volontaires par les professionnels qui seront en mesure de garantir que tel produit satisfait aux exigences préétablie.

Les différents paramètres ou critère de qualité d'un miel sont :

Acidité libre : permet de juger le vieillissement du miel.

- **Dosage de l'amylase (enzyme)** : détection d'une chauffe trop importante du miel.
- **Teneur en cendre** : méthode ancienne pour détecter un ajout dans le miel (farine, sucre.....) pour ajouter du poids dans ce dernier. Aujourd'hui cette analyse n'est plus nécessaire car on détecte facilement de tels ajouts avec les autres analyses.
- **Matière insoluble** : méthode ancienne qui détecte l'ajout du poids dans le miel, mais actuellement elle n'est pas utile parce que il y a des analyses plus fiables que celle-ci.

- **Humidité** : analyse très importante qui permet d'évaluer les conditions de stockage, les risques de fermentation et le comportement de cristallisation.
- **HMF** (résulte de la dégradation des sucres) : permet de juger du traitement thermique du miel et éventuellement de son vieillissement.
- **Sucres** (glucose, fructose et saccharose) : permettent de détecter l'ajout de sirop (**Bartholomeus et al., 2010**).

En outre, les normes de qualité relatives au miel sont citées dans un tableau (Annexe N°01).

I.6. Comment reconnaître un miel falsifié

Un miel trafiqué (falsifié), livre son utilisateur non seulement à un échec sûr dans certaines thérapies, mais aussi conduit à des résultats néfastes pour la santé. En générale, voici donc quelques méthodes simples pour identifier un miel falsifié.

➤ **Test à l'iode (amidon)**

- Mettre une quantité de miel dans une eau (dont la quantité de cette dernière

Représente 5 fois le volume du miel).

-laisser bouillir le tout dans un récipient

-retirer le mélange du feu, en le laissant refroidir

-ajouter une petite quantité d'iode au potassium « comme réactifs », si vous obtenez une couleur bleu ou verte le miel est considéré comme bon. (**Khenfer et al., 1995**).

➤ **Test au potassium industriel (glucose industriel)**

- Mettre une quantité de miel dans un même volume d'eau dans un récipient

-puis ajouter un réactif qui est le potassium, en cas d'obtention d'une coloration rouge ou violette, cela signifie la présence du glucose industriel dans le miel (**Khenfer et al., 1995**).

II. La figue

II.1. Définition

La figue est un fruit très anciennement connu dans le monde. Cité dans la “Sourat Attine” du Coran, elle est originaire du Moyen Orient et naturalisé dans plusieurs régions et surtout celles du pourtour du bassin méditerranéen d’où provient l’essentiel de la production mondiale (Vidaud, 1997).

Le figuier ou en latin *Ficus* est un arbre peu exigeant et très tolérant qui peut s'adapter seul et produire très longtemps. Il résiste bien à la chaleur et au climat froid, mais ne tolère pas l’ombre (Jeddi, 2009). Cet arbre présente une forte capacité de régénération végétative et une forte productivité. Il produit des fruits sans production de fleurs visibles (Chawla *et al*, 2012).

La figue peut être consommée en frais, comme aliments très nourrissant, ou servir comme produit industriel. Elle peut être aussi séchée et transformée de plusieurs manières (Oukabli, 2003).

II.2. Taxonomie et description botanique

Ficus carica est classé comme suite :

Tableau II : Classification de l’espèce *Ficus carica* (Azzi, 2013)

Règne	classification
Sous-règne	Plantes
Classe	Angiospermes
Sous-classe	Dicotylédones
Ordre	Hamamélidées
Famille	Moracées
Genre	<i>Ficus</i>
Espèce	<i>Carica</i>

Le figuier, d’une grande longévité, est caractérisé par son feuillage découpé, vert brillant foncé et ses feuilles atteignant 20 à 30 cm de long, alternes, palmées et profondément lobées. Il est cultivé pour ses fruits comestibles: La figue n’est pas au sens botanique du terme un fruit; il s’agit en fait d’un réceptacle charnu, le synconium, qui se développe au moyen d’une fleur conique (strobile) dont les parois sont recouvertes à l’intérieur de petites fleurs femelles et dont

le petit orifice du haut (ostiole) porte les fleurs mâles (figure 1). Ce sont les guêpes du figuier (*Blastophaga psenes*), qui fécondent les fleurs en se développant à l'intérieur. (Patiny, 2012)

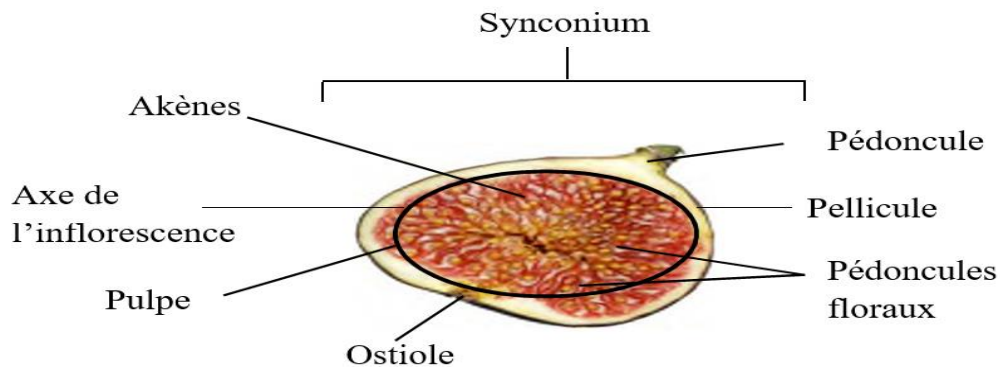


Figure N°1: coupe transversal de la figue

Le figuier est caractérisé par une très large diversité génétique regroupant plus de 850 espèces et chaque espèce renferme une multitude de variétés (Lansky et Paavilainen, 2011). Le moyen classique d'identification des génotypes est basé sur les caractères morphologiques tel que; la taille, la forme du fruit, la couleur de l'épiderme, et on distingue

- **Figues blanches** avec un épiderme jaune à vert et une pulpe rouge assez sucrée,
- **Figues colorées** avec un épiderme brun, rouge, violet et même noir et une chair plus ou moins foncée (Khadari et al., 1994).

II.3. Composition chimique et valeur nutritionnelle

La figue (fraîche ou sèche) constitue un élément important dans l'alimentation humaine grâce à sa teneur élevée en glucides assimilables (fructose et glucose), responsables de l'essentiel de son apport énergétique (75 Kcal/100g de fruit frais et de 250 Kcal/100g de fruit séché), son faible apport en lipides dépourvue de cholestérol, et ses fibres très efficaces pour stimuler les intestins d'où elle est particulièrement indiquée en cas de tendance à la constipation.

Elle constitue une bonne source de minéraux et d'oligo-éléments, avec des teneurs assez importantes en calcium, phosphore et en potassium et de fer (Infanger, 2004). Elle assure également un apport appréciable en vitamines particulièrement la vitamine C et A.

Les antioxydants végétaux sont principalement des nutriments (vitamines et oligo-éléments), des composés phénoliques et des caroténoïdes. La figue renferme de nombreux antioxydants à concentration variable dont les polyphénols (acides phénoliques et flavonoïdes) et les

caroténoïdes. Ces molécules sont dotées de plusieurs activités biologiques (Trifunski *et al.*, 2015). Les teneurs des principaux composants de la figue fraîche et sèche sont illustrées dans le tableau III et IV.

Tableau III: Composition et valeur nutritive de la figue (Souci *et al.*, 1994 ; Couplan, 1998; Vidaud, 1997)

Composition (/100g)	Figue fraîche	Figue sèche	Minéraux (mg/100g)	Figue fraîche	Figue sèche
Valeur énergétique (Kcal)	74	224,0	Calcium	60,00	170
Teneur en eau (g)	79,11	25,0	Phosphore	23,00	116
Glucides (g)	19,18	48,6-61,6	Zinc	0,260	0,86
Protéines (g)	0,75-1,3	2,7-4,2	Fer	0,600	3
Lipides (g)	0,30	1,2-1,7	Magnésium	0,040	0,35
Fibres (g)	2,9	7,5-16,2	Sodium	2,000	17
Minéraux(g)	0,66	-	Potassium	232,0	983

Tableau IV: Composition en vitamines de la figue (Souci *et al.*, 1994; Couplan, 1998).

Vitamines (mg/100g)	Figue fraîche	Figue sèche
Pro Vit A	120	150
Vit C (acide ascorbique)	5	2,5
Vit PP (acide nicotinique)	0,4	1,7
VitB ₆ (pyridoxine)	0,113	0,16-0,26
VitB ₁ (thiamine)	0,08	0,2
VitB ₂ (riboflavine)	0,06	0,1
VitB ₉ (acidefolique)	0,007	-
VitE (tocophérol)(μg/100g)	0,11	-
VitamineB5	0,3 mg	-

II.4. Technologie de la figue sèche

II.4.1. Description de la figue sèche

La figue sèche est le produit obtenu à partir des fruits secs mûrs de *Ficus carica*, de la famille Moraceae. C'est une source de nutrition importante pour les humains (FAO, 2010). Le séchage a pour objectif de réduire fortement les diverses actions participant à la décomposition des aliments afin de stabiliser et de standardiser les denrées périssables par inhibition des réactions chimiques indésirables (Okos et al, 1992). Il a pour intérêt de réduire le poids et le volume des aliments afin de minimiser les coûts de conditionnement, de stockage et de transport. Les aliments séchés en général, ne nécessitent pas de réfrigération pour être conservés (Bimbenet et al, 2002). La figue peut être séchée soit par des moyens traditionnels (séchage solaire) ou dans des séchoirs (karathaanos et al, 1997).

Le processus du séchage de la figue est représenté dans la figure N°2.

II.5. Conservation des figues

La conservation des aliments comprend un ensemble de procédés de traitement qui vise à bien conserver le goût et les propriétés nutritionnelles de l'aliment ainsi que sa texture et sa couleur.

La durée de vie des figues après la récolte varie selon la variété et surtout selon la gestion de la température et du degré de maturité au moment de la récolte. Après la récolte, le fruit se dégrade très vite en raison de la fragilité de leur épiderme. La conservation au froid des fruits ne peut pas excéder une à deux semaines entre 0 et 2°C à 85-90% d'hygrométrie. A température ambiante, il ne peut être conservé plus d'une journée (24heures).

Par conséquent la température de conservation est le paramètre essentiel à contrôler si l'on veut maintenir un état sanitaire satisfaisant. Il est donc préférable de les sécher rapidement afin de préserver leur qualité (Belaid, 2005).

- **Figue fraîche :** Sensible et absorbe les odeurs, elle doit être enveloppée pour sa bonne conservation. La durée de conservation du fruit à 25° C est de 24 heures, et de l'ordre d'une semaine en chambre froide, à la température de 4 à 5° C. Les variétés à peau noire et violette sont consommées fraîches, alors que les variétés à peau verte sont le plus souvent séchées. Le fruit dont la teneur en sucres monte à plus de 20 % se conserve beaucoup mieux en chambre froide (**Chimi, 2005**). La figue entière peut se conserver quelques mois au congélateur.

- **Figue séchée :** Les produits secs sont conditionnés dans des sachets en polyéthylène ou en polyvinyle ; ou dans des emballages en papier et carton (**El khaloui, 2010**).

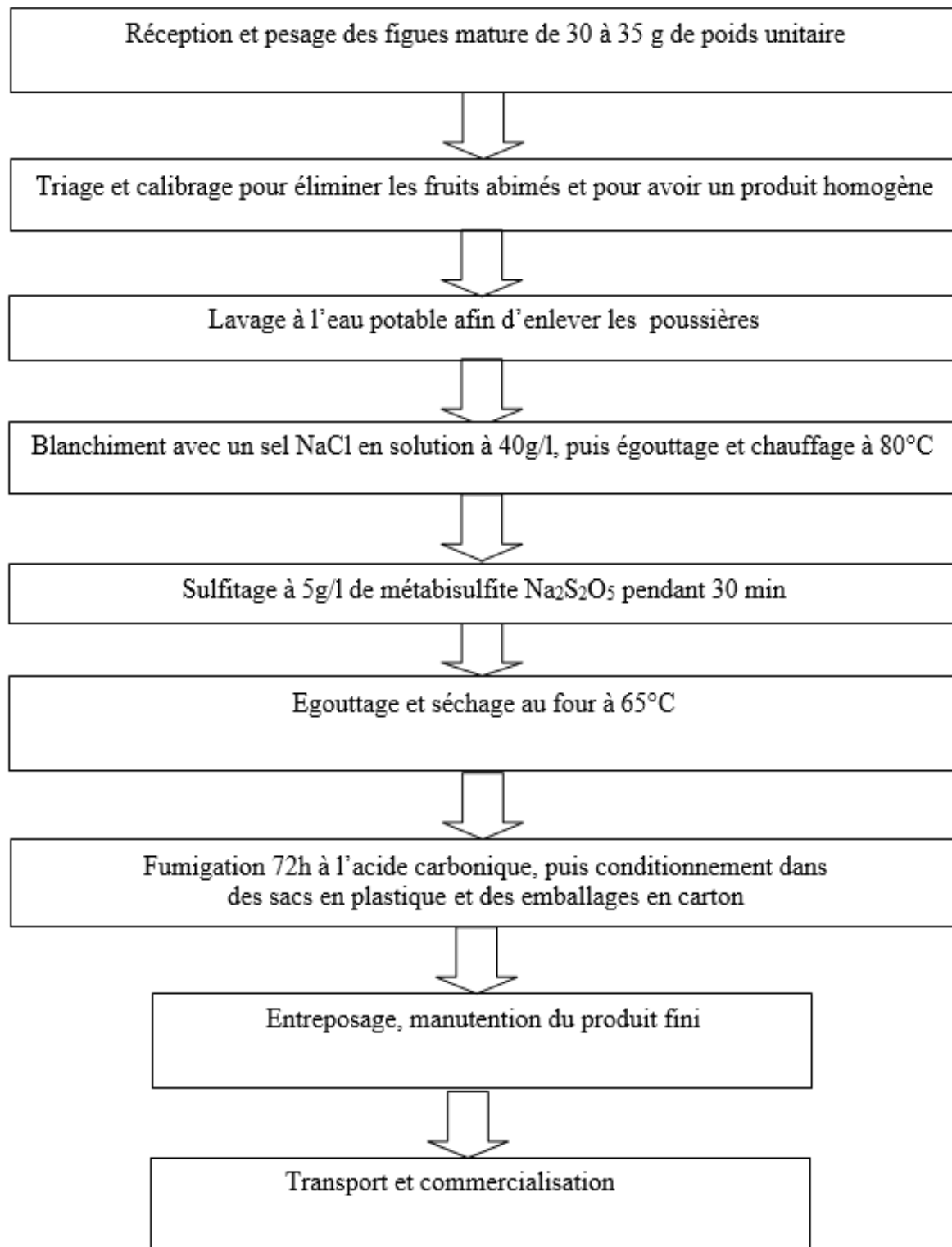


Figure N°2 : Diagramme de fabrication des figues sèches Selon (OUAOUICH *et al.*, 2005).

II.6. Propriétés de la figue

Ficus carica est une plante utilisée dans toute les régions du monde, dont ces applications sont très vastes et touchent le domaine alimentaire et celui de la médecine traditionnelle (Adwan *et al.*, 2006). Son huile essentielle est utilisée dans les industries alimentaire, pharmaceutique et cosmétique (Jordán *et al.*, 2006).

II.6.1. Propriétés antioxydantes

La figue est plus particulièrement sa pelure est très riche en antioxydants ayant la capacité de neutraliser ou de réduire les dommages causés par les radicaux libres dans l'organisme humain qui sont à l'origine des cancers et des maladies dégénératives (Crisosto *et al.*, 2010).

Les différentes études ont démontré que la consommation de fruits et légumes riches en antioxydants permettent la lutte contre certaines maladies cardiovasculaires, certains cancers et d'autres maladies chroniques comme le diabète de type2 (Harding *et al.*, 2008 ; Soerjomataram *et al.*, 2010). Les antioxydants de la figue peuvent protéger les lipoprotéines du plasma, par une diminution significative de l'oxydation (Vinson *et al.*, 2005 ; Çalışkanet Polat., 2011).

II.6.2. Propriétés thérapeutiques

La figue a un effet laxatif, antiviral, antibactérien, hypoglycémiant, hypocholestérolémiant, hypotriglycéridémiant, anthelminthiques, spasmolytique, antiplaquettaire et anticancéreux

La figue est considérée comme une source de multiples vitamines et minéraux ; elle est riche en calcium qui est l'un des éléments les plus importants dans le renforcement des os et la réduction du risque d'ostéoporose elle contient également du magnésium, du calcium et de la vitamine K. La teneur en fibres dans les figues est aussi connue pour protéger l'organisme contre le cancer du sein et pour lutter contre les symptômes après la ménopause (Guvenc., 2009).

III. Activité antioxydante

III.1. Radicaux libres

Un radical libre est une espèce chimique, atome ou molécule, contenant un électron ou plusieurs non apparié extrêmement instable, ce composé peut réagir avec les molécules les plus stables pour appairer son électron. Les radicaux libres sont produits par divers mécanismes physiologiques car ils sont utiles pour l'organisme à dose raisonnable. Cette production physiologique est parfaitement maîtrisée par des systèmes de défense. Dans les circonstances normales, on dit que la balance antioxydants/ prooxydants est en équilibre (**Favier, 2003**). Les radicaux libres peuvent être piégés ou neutralisés par des substances antioxydantes

naturellement présentes dans les plantes médicinales, les fruits et les légumes (**Schramm et al., 2003**). Les principaux agents antioxydants du miel et de la figue sèche sont les composés phénoliques, les flavonoïdes, les caroténoïdes, et la vitamine C (**Al Mamary et al., 2002**).

III.2. Stress oxydatif

Le stress oxydatif est défini par la production excessive de molécule prooxydante appelée radicaux libres, ou une insuffisance du mécanisme antioxydants. Le stress oxydant correspond à un déséquilibre entre la génération d'espèces réactives de l'oxygène et les défenses antioxydants de l'organisme, en faveur des premiers (**Haleng et al., 2007**).

Pour se protéger des effets délétères des ERO, l'organisme dispose d'un ensemble complexe de défenses antioxydants. On distingue deux sources d'antioxydants : l'une est apportée par l'alimentation sous forme de fruits et légumes riches en vitamines C, E, caroténoïdes, ubiquinone, flavonoïdes, glutathion ou acide lipoïque, l'autre est endogène et se compose d'enzymes (superoxyde dismutase, glutathion peroxydase, catalase), de protéines (ferritine, transferrine, céruléoplasmine, albumine) et de systèmes de réparation des dommages oxydatifs comme les endonucléases. A cela s'ajoutent quelques oligoéléments comme le sélénium, le cuivre et le zinc qui sont des cofacteurs d'enzymes antioxydants (**Haleng et al., 2007**)

III.3. Les antioxydants

Un antioxydant peut être défini comme toute substance capable, à concentration relativement faible, d'entrer en compétition avec d'autres substrats oxydables et ainsi retarder ou empêcher l'oxydation de ces substrats. Il doit être soluble dans les lipides, efficace et non toxique, n'entraîne ni coloration, ni odeur, ni saveur indésirable, résistant aux processus

technologiques, et stable dans le produit final (Estiki et Urooj, 2012). Il est impliqué dans la prévention de diverses pathologies associées au stress oxydatif (Akagawa et Suyama, 2001). Leur intervention se fait assez souvent à plusieurs niveaux : piégeages de radicaux libres, chélation de métaux prooxydants et inhibition de certaines enzymes (Pulido *et al.*, 2000).

III.4. Les principaux antioxydants

III.4.1. Les polyphénols

Les composés phénoliques ou polyphénols constituent un groupe important et diversifié de métabolites secondaires synthétisés par les plantes durant leur développement (Ribéreau-Gayon, 1968). Plus de 8000 structures phénoliques sont connues, allant de molécules phénoliques simples de faible poids moléculaire tel que les acides phénoliques aux composés hautement polymérisés comme les tanins (Martin et Andriantsitohaina, 2002). Ils sont caractérisés par la présence d'un cycle aromatique à 6 atomes de carbone portant des groupements hydroxyles libre au minimum ou engagé dans une autre fonction : éther, ester ou hétéroside (Antolovich *et al.*, 2000) (Figure3)

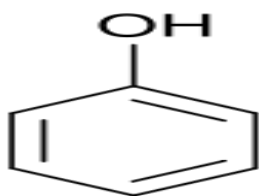


Figure N°3 : Structure du noyau phénol (Macheix *et al.*, 2005).

Les polyphénols jouent un rôle essentiel dans la structure et la protection des plantes (Naczek et Shahidi, 2003 ; Stalikas, 2007). Ils offrent également, pour la santé humaine, une protection contre certaines maladies impliquant un stress oxydatif comme les cancers, les maladies cardiovasculaires et neurodégénératives (Sun *et al.*, 2011).

L'activité antioxydante des composés phénoliques est attribuée à leur grande réactivité en perdant un proton pour donner un radical libre fortement stabilisé inhibant ainsi l'oxydation de façon indirecte en désactivant l'oxygène singulet ou chélater les métaux de transition capables de catalyser la peroxydation lipidique (Benzie, 2003 ; Gomez-Caravaca *et al.*, 2006).

III.4.2. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes sont les composés les plus abondants de tous les composés phénoliques. Ils ont une variété d'effets en tant que métabolites secondaires dans les plantes, par exemple, ils participent au processus de défense ultraviolette, de pigmentation, de stimulation des nodules fixés à l'azote et de résistance aux maladies (**Chira et al, 2008**).

Ils sont des composés phénoliques contenant 15 atomes de carbone, formant une structure C₆-C₃-C₆, c'est-à-dire deux cycles aromatiques reliés par un pont à 3 carbones (figure 4).

Il existe plusieurs classes de flavonoïdes, dont les principales sont les flavones ; les flavonols ; les flavan-3-ols ; les isoflavones ; les flavonones et les anthocyanidines (**Afanas'eva et al, 2001 ; De Souza et al, 2004**).

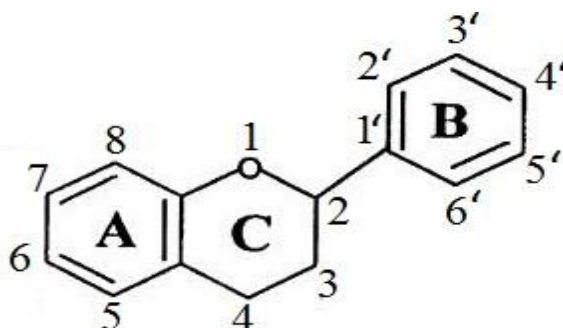


Figure N°4: Squelette de base des flavonoïdes (**Ghedira, 2005**).

Les flavonoïdes sont capables de piéger les radicaux libres en formant des radicaux flavoxyles moins réactifs, cette capacité peut être expliquée par leur propriété de donation d'un atome d'hydrogène à partir de leur groupement hydroxyle (**Amić et al., 2003**). Ils inhibent également la peroxydation lipidique causée par l'autoxydation des acides gras insaturés.

III.4.3. Les caroténoïdes

Ce sont des molécules qui forment une grande famille (famille des carotènes) ; elles sont composées de 40 atomes de carbone formés de huit unités isoprènes à des extrémités pouvant être cycliques (**Hadj., 2009 ; Andrew et al. 2018**) (figure 5).

Les caroténoïdes sont des pigments naturels liposolubles dont la couleur varie du jaune au rouge orangé, Plus de 600 caroténoïdes sont identifiés, dont 40 à 50 sont habituellement consommés dans l'alimentation humaine (**Rao et Rao, 2007**). L'effet protecteur des caroténoïdes vis-à-vis de certaines pathologies chroniques est essentiellement dû à leur pouvoir antioxydant (**Rao et Rao, 2007**).

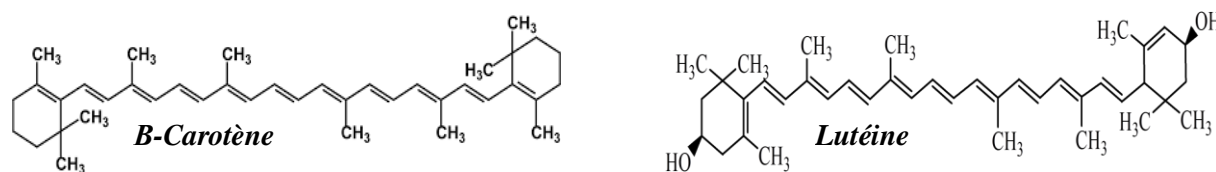


Figure N°5 : structure chimique de quelques caroténoïdes (Chawla *et al.*, 2012).

Les caroténoïdes grâce à leur longue chaîne carbonée riche en doubles liaisons, agissent en stabilisant les radicaux libres (ROO•) en les neutralisant par transfert d'hydrogène (El-Agamey *et al.*, 2004). Ils sont des piègeurs efficaces de l'oxygène singulet (1O_2) en la transformant en oxygène moléculaire triplet (3O_2) plus stable (Lee *et al.*, 2004).

III.4.4. L'acide ascorbique (vitamine C)

L'acide ascorbique, appelé aussi vitamine C est une molécule de 6 carbones avec une lactone cyclique ; c'est un micronutriment essentiel, soluble dans l'eau (Carr et Frei, 1999), sensible à la chaleur, aux ultraviolettes et à l'oxygène qui joue un rôle important dans le métabolisme des êtres humains (figure 6)

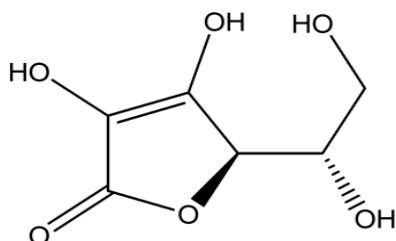


Figure N°6 : Structure chimique de l'acide ascorbique (Belkheiri,2010).

On retrouve la vitamine C principalement dans les fruits et légumes (Bossokpi, 2002). Elle est facilement oxydée par l' O_2 en milieu neutre ou alcalin (Berthet et Costesec, 2006), stable en milieu acide et très stable lorsqu'elle est séchée. Elle est thermosensible et subit une altération en contact avec les métaux et la lumière (Couplan, 1998).

Elle est connue pour son action protectrice contre l'oxydation membranaire. Elle est capable de piéger très efficacement les anions superoxydes, le peroxyde d'hydrogène, l'hypochlorite, les radicaux hydroxyles, peroxydes et l'oxygène singulet (Priymenko, 2005 ; Valko *et al.*, 2006 ; Haleng *et al.*, 2007 ; Hyardin, 2008).

IV. Matériels et méthodes

L'objectif de notre travail est d'étudier l'activité antioxydante de quelques variétés de miel additionné à la figue sèche, cette étude est réalisée au niveau du laboratoire physicochimique des aliments du département des sciences alimentaires à l'université de Bejaïa.

IV.1. Echantillonnage

La présente étude a été menée sur 3 échantillons de miel récoltés en 2021, issus de différentes régions de la wilaya de Bejaïa, conservés dans des pots en plastique étanche dans un endroit sec (figure 7, tableau VI), et un échantillon de figue sèche (Taamriwt) provenant de Beni Maouche (figure 8).



Figure N°7: Miels utilisés



Figure N°8: Figue sèche utilisée

Tableau VI : Origine et identifiant des miels analysés.

Échantillon	Origine	Identifiant	Couleur
1	Ait smail	M1	Jaune foncé
2	Tazmalt	M2	Marron foncé
3	Taskeriout	M3	Marron claire

IV.2. Préparation des mélanges de miel avec la figue sèche

Une masse (20g) de la figue sèche est découpée en petit morceau à l'aide d'un couteau, puis mise en contact avec 20g de miel dans des bocaux en verre, le mélange est laissé en contact plus d'une semaine ; avant de commencer l'analyse à 4°C .

IV.3. Extraction des antioxydants

L'extraction est réalisée avec un solvant organique (méthanol 50%). Une quantité de 4g de miel, figue sèche ou de mélange est extraite dans 20ml de solvant, après agitation pendant 20 minutes le mélange est filtré sur papier filtre, ensuite le filtrat est récupéré et conservé au frais.

IV.4. Dosage des antioxydants

IV.4.1. Dosage des polyphénols

La teneur en polyphénols des miels et des mélanges est déterminée selon la méthode de Folin-Ciocalteu (**El-Haskoury et al., 2018**). Le réactif est réduit lors de l'oxydation des composés phénoliques en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène dont l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité des polyphénols totaux présents dans l'échantillon (**Georgé et al., 2005**).

Un volume de 1 ml de réactifs Folin Ciocalteu (dilué à 50% avec l'eau distillée) est mélangé avec 2ml de carbonate de sodium (2 %) et 1 ml d'extrait, après incubation à une température ambiante pendant 30 minutes à l'obscurité, l'absorbance est mesurée à 720nm.

Les résultats sont exprimés en mg équivalents d'acide gallique par 100g d'échantillons (mgEAG/100g) en se référant à la courbe d'étalonnage (Annexe N°2, A)

IV.4.2. Dosage des flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes des extraits est déterminée en utilisant la méthode colorimétrique au trichlorure d'aluminium ($AlCl_3$) (**Bendimerad et bougandoura, 2012**). Elle repose sur la capacité de ces composés à former par chélation du complexe jaunâtre avec les métaux notamment le fer et l'aluminium. Ce dernier est sous forme d'ion Al^{3+} après décomposition de chlorure d'aluminium. Les complexes formés sont responsables de l'absorption de la lumière dans le visible (**Djeridane et al., 2006**).

Les teneurs en flavonoïdes sont mesurés en utilisant le trichlorure d'aluminium ($AlCl_3$) avec lequel ils forment un complexe acide très stable de couleur jaune entre le réactif et les groupements hydroxyle (OH) des flavonoïdes (**Bahorun, 1997**).

Un volume de 1 ml d'extrait est mélangé avec 2 ml d' $AlCl_3$ (2% dans l'eau distillée), après 30 minutes d'incubation, l'absorbance est mesurée à 415nm.

Les concentrations en flavonoïdes sont exprimés en mg équivalents de la quercitine/100g d'échantillons (mg EQ/100g) en se référant à une courbe d'étalonnage (Annexe N°2, B).

IV.4.3. Dosage des caroténoïdes

Les caroténoïdes contiennent dans leur structure plusieurs doubles liaisons conjuguées qui sont responsables de l'absorption de la lumière par excitation des électrons des liaisons π (**Rodriguez-a maya, 2001**)

La détermination de la teneur en caroténoïdes contenues dans les échantillons est réalisée selon la méthode de **Sass-Kiss et al, (2005)**. 4g d'échantillon sont homogénéisés avec 15ml du mélange de solvants : (hexane ; acétone ; éthanol ; 2 ; 1 ; 1). Après agitation pendant 3 heures, la phase hexanique est récupérée, puis l'absorbance est mesurée à 420nm.

Les résultats sont exprimés en mg équivalent de β -carotène/100g d'échantillon (mg E β -carotène / 100g) en se référant à la courbe d'étalonnage (Annexe N°2, C).

IV.4.4. Dosage de l'acide ascorbique (vitamine C)

Le dosage est basé sur l'oxydation de l'acide ascorbique qui conduit à la réduction de 2,6-dichlorophénolindophenol (DCPIP) de couleur initiale bleu (forme oxydée) vers la couleur rose (forme réduite).

La teneur en acide ascorbique des échantillons est déterminée selon la méthode décrite par **Khalil et al., (2012)**. Une quantité de 1g de chaque échantillon est homogénéisé avec 5ml de solvant d'extraction (acide oxalique 0,4%). Après extraction, le mélange est laissé sous agitation pendant 15 minute à l'abri de la lumière, suivi d'une filtration sur papier filtre, ensuite le filtrat est centrifugé à 3000Tr/min pendant 15min. 1ml d'extrait est additionné à 1ml de DCPIP. L'absorbance est mesuré à 520 nm.

Les résultats sont exprimés en pourcentages de réduction du DCPIP selon la formule ci-dessous, puis en équivalent d'acide ascorbique en mg pour 100g d'échantillon (mgEAA/100g) en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée avec l'acide ascorbique (Annexe N°2, D).

$$\%DCPIPréduit= [(Abs\ témoin - Abs\ Echantillon)/Abs\ témoin] \times 100.$$

Abs_{témoin}: Absorbance du témoin

Abs_{Echantillon}: Absorbance de l'échantillon

IV.5. Activité antioxydante

IV.5.1. Activité antiradicalaire (DPPH)

Le DPPH (2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl) est un radical libre, stable ou accepteur d'hydrogène de couleur violet intense (Cavar et al, 2009). Ce radical perd sa coloration native quand il se lie avec des substances antioxydantes (AH) qui lui transfèrent des électrons ou des protons. La forme réduite du DPPH confère à la solution une couleur jaune (Kim et coll, 2003). Le pouvoir anti radicalaire des extraits méthanoliques est déterminé par la méthode décrite par Liviu et al. (2009).

Un volume de 1ml de la solution DPPH est ajouté à un volume de 1ml d'extrait méthanolique. Après incubation à une température ambiante pendant 10 minutes, l'absorbance est mesuré à 515nm, un control est réalisé en parallèle en mélangeant 1ml de méthanol avec 1ml de la solution DPPH.

L'activité anti radicalaire, qui exprime la capacité de piéger des radicaux libres, a été estimée par le pourcentage d'inhibition du DPPH selon la formule suivante :

$$\%DPPH\ réduit=[(Abs\ témoin - Abs\ Echantillon) / Abs\ témoin] \times 100.$$

Abs_{témoin}: Absorbance du témoin

Abs_{Echantillon} : Absorbance de l'échantillon

IV.5.2. Pouvoir réducteur

L'analyse du pouvoir réducteur d'un antioxydant consiste à mesurer sa capacité à réduire le fer ferrique (Fe^{+3}) en fer ferreux (Fe^{+2}) (**Bijoy *et al.*, 2008**). La forme réduite de ce complexe donne une couleur verte qui est proportionnelle aux concentrations des antioxydants présents dans l'extrait (**Özturk *et al.*, 2007**).

Le pouvoir réducteur est estimé selon la méthode décrite par **Saxena *et al.* (2010)**. Un volume de 1ml d'extrait est mélangé avec 2,5ml du tampon phosphate (0,2M, pH = 6,6) et 2,5ml de ferricyanure de potassium [$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$] (1%). Après incubation au bain marie à 50°C pendant 20min, 2,5ml d'acide trichloracétique TCA (10%) sont ajoutés au mélange. Un volume de 1,25ml est prélevé du mélange obtenu et est additionné de 1,25ml d'eau distillée, puis de 1ml de chlorure ferrique FeCl_3 (0,1%). L'absorbance est mesurée à 700nm après 10 min d'incubation. Le pouvoir réducteur est déterminé en se référant à la courbe d'étalonnage préparée avec l'acide gallique. Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par 100g d'échantillon (mg EAA/100g). (Annexe N°2, E).

IV.5.3. La réduction de molybdate

Ce test est employé pour déterminer la capacité antioxydante totale, qui est basée sur la réduction de l'ion M^{0+6} en ion M^{0+5} par les antioxydants contenus dans l'extrait. Par conséquent, il y a formation d'un complexe phosphate- M^{0+5} de couleur verdâtre, en milieu acide, dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en antioxydants (**Prieto *et al.*, 1999 ; Sathish-Kumar *et al.*, 2007**).

La mesure de l'activité antioxydante au phosphomolybdate est effectuée en suivant le protocole de **Veerabadrán *et al.* (2013)**, elle consiste à ajouter 1ml du réactif phosphomolybdate (0,6 M d'acide sulfurique, 28 mM de phosphate de sodium et 4 mM molybdate d'ammonium) à 100 μ l d'extrait. Après 90min d'incubation au bain marie à 95°C, l'absorbance est mesurée à 695nm.

Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique pour 100g d'échantillon (mgEAA/100g) en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée avec l'acide gallique (Annexe N°2, F).

IV. 6. Analyse statistique

Toutes les données représentent la moyenne de trois essais (au minimum). L'analyse descriptive des résultats est réalisée avec le logiciel Microsoft Office Excel 2007, pour déterminer les moyennes, les écarts types. Une analyse de la variance (ANOVA) suivi du test LSD (La plus petite différence significative) a été appliqué à l'aide du logiciel STATISTICA 5.5 afin de mettre en évidence les différences significatives au seuil $p < 0.05$.

V. Résultats et discussion

V.1. Dosage des antioxydants

V.1.1. Les polyphénols

Les résultats du dosage des polyphénols des miels et des mélanges (figue sèche/ miel) montrent que la teneur en composés phénoliques des miels diffère de manière significative (figure 9).

Les teneurs en composés phénoliques varient de 22,88 (pour le miel M2) jusqu'à 25,99 mg EAG/100g pour le miel M1. Ces résultats sont presque similaires à ceux obtenus par (Mouhoubi *et al.*, 2016) sur des miels Algériens [15,84- 61,63 mg/100g]. Valdés- Silvirio *et al.*, (2018) ont observé une valeur moyenne de 54,30 mg EAG/100g.

D'après Lachman *et al.*,(2010) et can *et al.*,(2015), la teneur en composés phénoliques est fortement affectée par la localisation géographique, l'origine florale, et le climat, et selon Bueno-costa *et al.*, (2016), cette teneur est plus élevée dans les miels de couleur foncé en comparaison avec les miels de couleur claire.

La teneur en composés phénoliques de la figue sèche est considérée plus riche (28.77 mgEAG/100g) que les échantillons de miels étudiés. Solomonet *al.*, (2006) ont rapporté des concentrations en polyphénols comprises entre 49 et 281 mg EAG/100g de quelques variétés de figues sèches. La composition phénolique des figues sèches peut être influencée par les conditions de culture, l'espèce et la variété (figue violet, figue jaune). Elle peut être également modifiée par le séchage du fruit qui peut soit détruire ou convertir les polyphénols en une forme non antioxydantes (Vallejoet *al.*,2012 ; Kamiloglu et Capanoglu., 2014 ; Hoxha *et al.*, 2015).

Les miels enrichis à la figue sèche enregistrent des teneurs en polyphénols qui varient de 25,34 mg EAG/100g (pour le miel M2) à 27,81 mg EAG/100G (pour le miel M1). La différence entre les échantillons du miel et des mélanges peut s'expliquer par la disponibilité des composés phénoliques en quantité élevée dans la figue sèche que les miels.

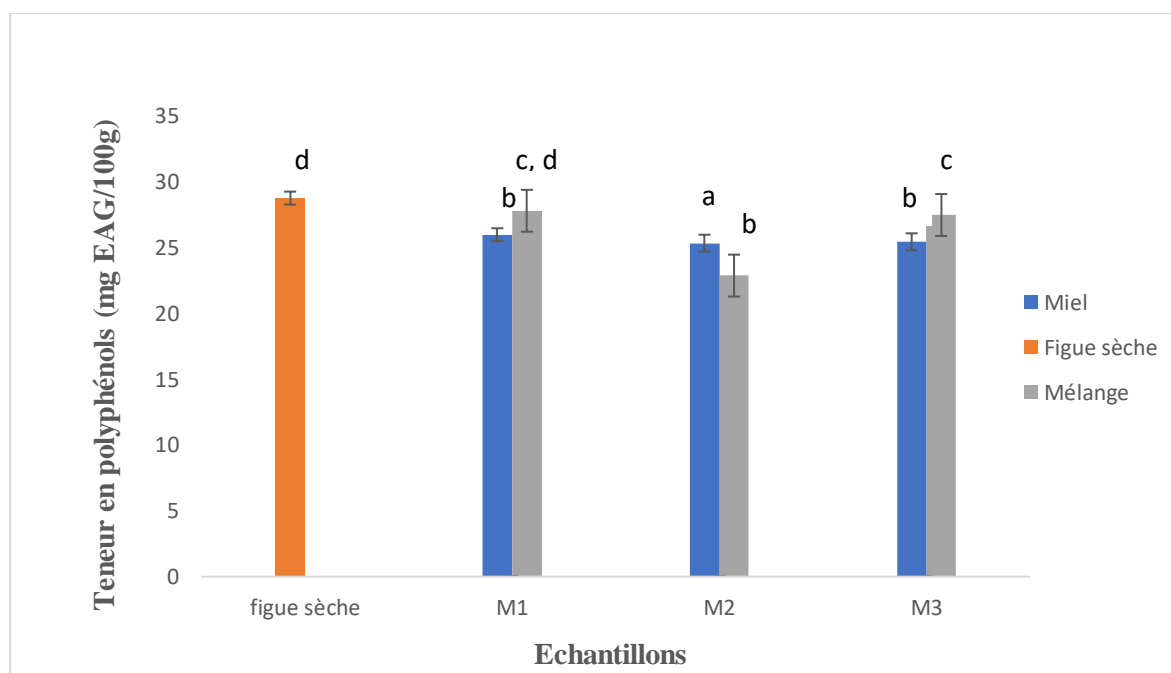


Figure N°9 : Teneur en polyphénols des échantillons étudiés.

Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant des lettres différentes présentent des différences significatives $a < b < c < d$.

V.1.2. Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des molécules de bas poids moléculaire responsables de l'arôme et de l'activité antioxydante du miel. Les valeurs obtenues pour la teneur en flavonoïdes totaux des miels étudiés sont comprises entre 2.54 et 5.48 mg EQ/100g (Figure 10). L'échantillon M1 enregistre la valeur la plus faible, tandis que l'échantillon M2 enregistre la valeur la plus élevée. Ce résultat est inférieur à ceux obtenus par **Boussaid et al., (2014)** sur des miels tunisiens [9,58-22,45 mg EQ/100g].

Selon **Turksitha et al., (2018)**, la composition en flavonoïdes des miels varie en fonction des espèces de l'abeille qui produit le miel, leur constitution physico-chimiques, cette variation peut être également due à l'origine florale et à la situation géographique (**Pyrzynska et Biesaga., 2009 ; Mouhoubi et al., 2016**).

En règle générale, les miels les plus foncés, comme ceux issus du tournesol et du sarrasin, contiennent des quantités de flavonoïdes supérieures aux miels plus clairs. Ainsi, ils possèdent une plus grande capacité antioxydante (Doukani et al., 2014).

La teneur en flavonoïdes de la figue sèche est considérée plus riche (6.87mg EQ/100g) que les échantillons de miels étudiés. Selon Lapornik et al. (2005) La teneur en flavonoïdes des figes sèches peut être influencée par plusieurs facteurs entre autres les conditions de stockage et séchage, les conditions d'environnement et la variété.

Pour les miels enrichis à la figue sèche, on a obtenu des teneurs en flavonoïdes qui varient de 6,04 mg EQ/ 100g pour le (M2) qui est considéré comme le plus riche en flavonoïdes suivi respectivement par l'échantillon de M3 et M1. La teneur en flavonoïdes est améliorée par l'addition de la figue sèche aux miels.

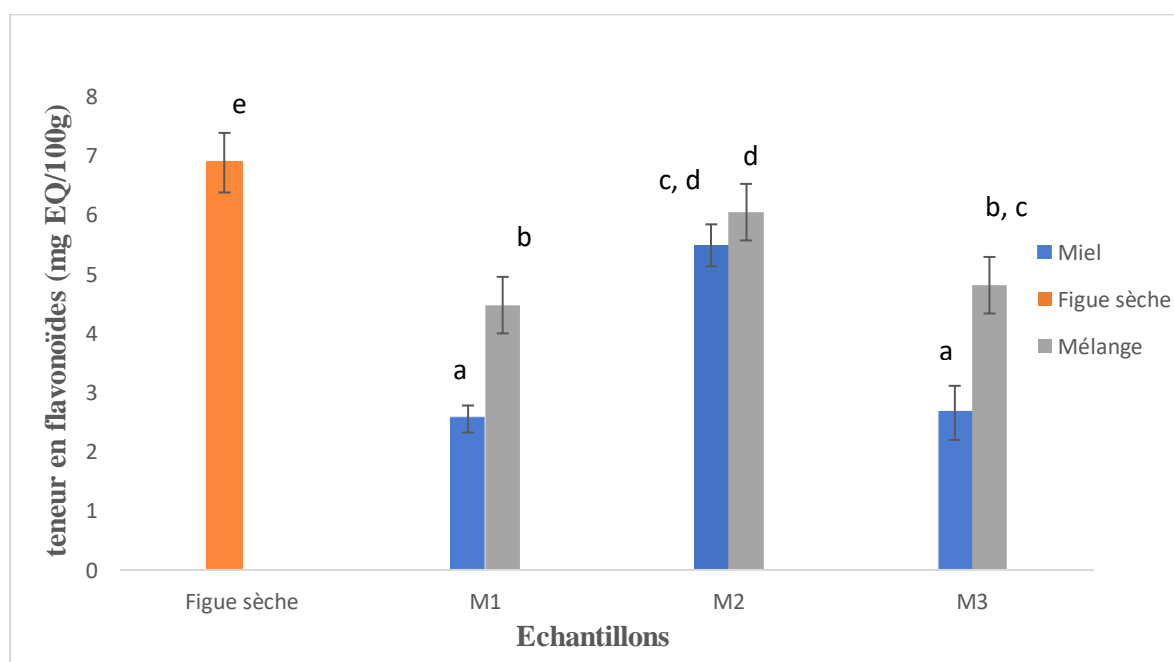


Figure N°10 : Teneur en Flavonoïdes des échantillons étudiés.

Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant des lettres différentes présentent des différences significatives $a < b < c < d < e$.

V.1.3. Les caroténoïdes

Les résultats de la présente étude montrent que les teneurs en caroténoïde des échantillons de miel étudiés varient significativement de 1,95 à 4,12 mg β -carotène/100g (figure 11). Le miel de Tazmalt (M2) enregistre la plus grande teneur, suivi respectivement par le miel d'Ait smail (M1), et taskeriout (M3). Ces résultats sont inférieurs à ceux obtenus par **Gület *et al.*, (2018)** sur des échantillons de miel turques [32,09- 94,87 mg β -carotène /100g] et à ceux obtenus par **Ferreira *et al.*, (2009)** sur des échantillons de miels portugais [12,01- 75,51 mg β -carotène/100g]. Ces différences peuvent être attribuées à plusieurs facteurs dont la méthode d'extraction (l'extraction lente, exposition à la lumière, à l'oxygène et la température élevée provoquent des pertes de caroténoïdes pendant le procédé d'extraction). L'origine géographique, la source florale, le degré de maturité des fruits butinés par les abeilles et les conditions de stockage influent également sur la teneur en caroténoïdes (**Alvarez-Suarez *et al.*, 2010**). Selon **Bueno-costa *et al.*, (2015)**, les teneurs en caroténoïdes peuvent être responsables de la coloration du miel, sachant que les miels sombres ont des plus hautes teneurs de caroténoïdes.

Pour les mélanges de miels et figue sèche, on a obtenu des teneurs en caroténoïdes qui varient de 3,03 à 6,95 mg β -carotène/100g. Le mélange (M1) enregistre la plus grande teneur de 6,95 mg β -carotène/100g suivi de mélange (M2) avec une teneur de 5,41 et en fin le mélange (M3) avec une faible teneur de 3,03. L'addition de la figue sèche a augmenté considérablement la concentration de caroténoïdes des échantillons de miel. D'après **Gül *et al.*, (2018)**, la composition en caroténoïdes de la figue sèche varie selon la saison. En effet en saison fraîche et pluvieuse, la teneur en caroténoïdes est plus faible avec une dominance du β -carotène comparés à ceux produits en saison relativement sèche et chaude. **Kakahishivili *et al.*, (1987)** ont montré que la figue sèche est très riche en caroténoïdes.

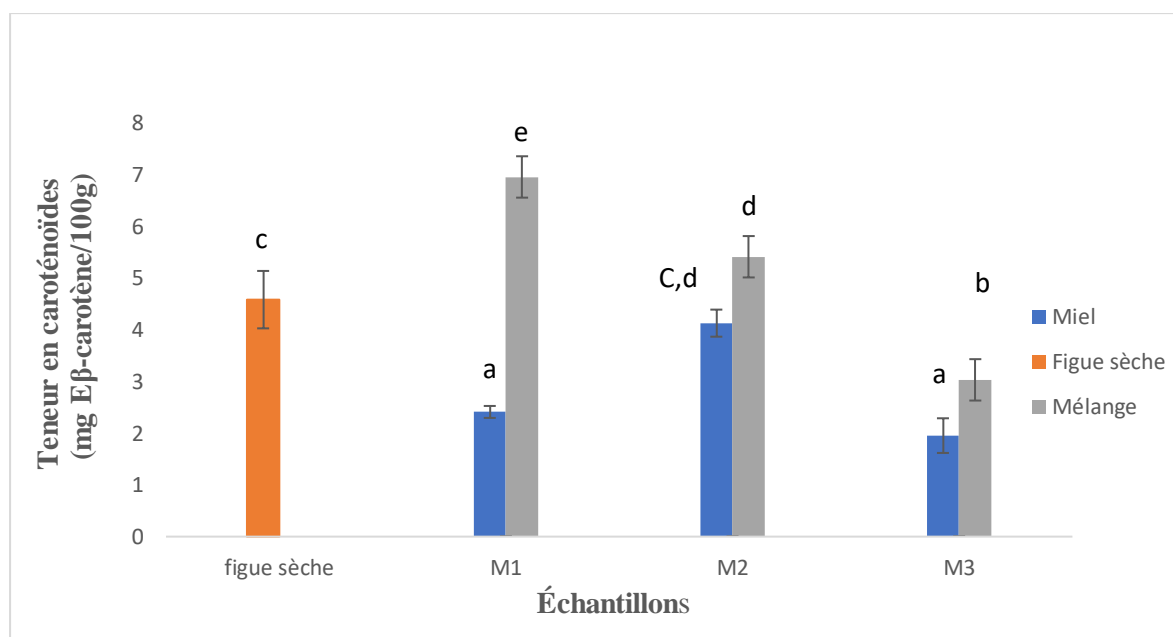
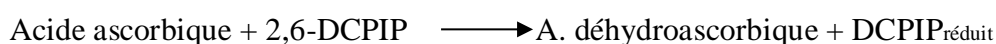


Figure N°11 : Teneur en caroténoïdes des échantillons étudiés.

Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant des lettres différentes présentent des différences significatives $a < b < c < d$.

V.1.4. Acide ascorbique

Le DCPIP permet l'oxydation de la vitamine C en milieu acide, qui est coloré sous sa forme oxydé en bleu et devient rose après réduction de cette molécule (Ball, 1997). Selon la réaction suivante :



Les résultats de la présente étude montrent que la teneur en vitamine C des miels étudié est de 52,72 mg EAA/100g pour (M1) comme la valeur la plus élevée, suivi de (M3) avec une valeur de 44,21 EAA/100g, et en fin (M2) avec une valeur de 37,07 EAA/100g (figure 12). Ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus par Khalil *et al.* (2012) pour quelques miels algériens [23,6 à 31,59 mg EAA/100g], tandis que la teneur en acide ascorbique de la figue sèche est faible (10,20 mg EAA/100g).

L'addition de la figue sèche a baissé considérablement la teneur en acide ascorbique, M2 a enregistré la valeur la plus élevée qui est de 27,5 mg EAA/100g, tandis que la valeur la plus basse a été enregistrée pour M1 qui est de 20,06 mg EAA/100g.

La variabilité de la teneur en acide ascorbique est influencée par l'origine florale et les conditions climatiques (humidité et ensoleillement) (Nagy, 1980). La sensibilité de la vitamine

C à l'air peut également être à l'origine de la variabilité de sa teneur dans le miel et dans la figue sèche. On peut également justifier ces résultats par la quantité de la figue additionnée ou la dégradation des antioxydants.

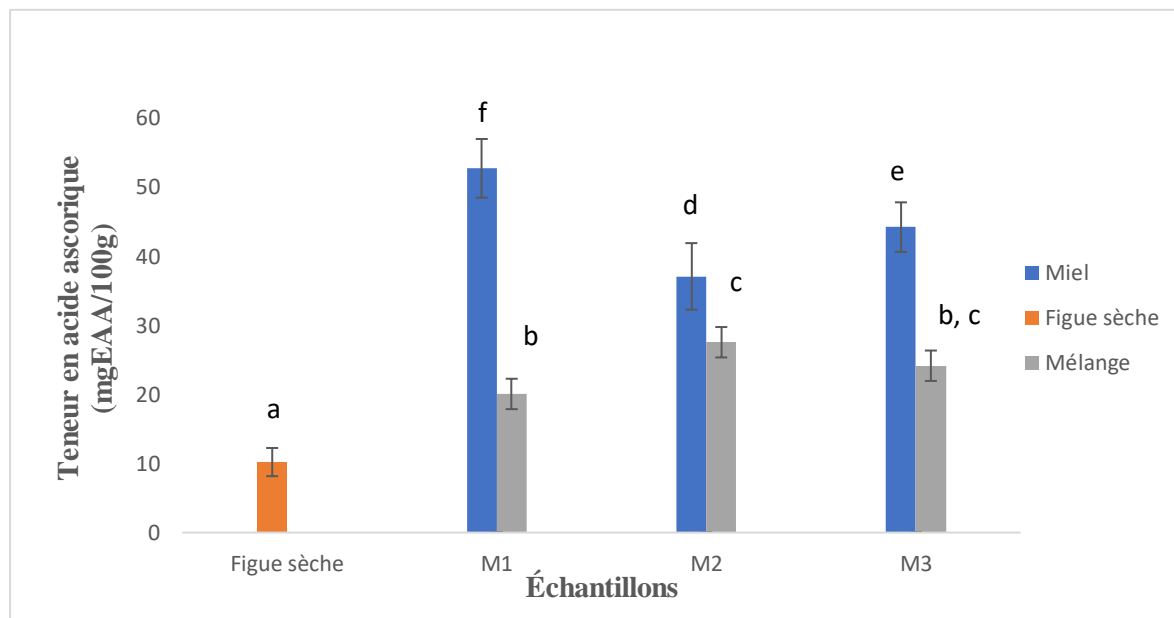


Figure N°12 : Teneur en acide ascorbique des échantillons étudiés.

Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant des lettres différentes présentent des différences significatives $a < b < c < d < e < f$.

V.2. Activité antioxydante

V.2.1. Le pouvoir réducteur

La capacité réductrice d'un composé est considérée comme indicateur significatif de son pouvoir antioxydant (Li *et al.*, 2009). L'intensité de la coloration obtenue dépend du pouvoir réducteur de l'extrait ou des standards utilisés. Une augmentation de l'absorbance du mélange réactionnel indique une augmentation du potentiel réducteur (Gülçin *et al.*, 2003).

Le pouvoir réducteur des échantillons analysés est présenté sur la figure (13). L'étude statistique a montré des différences significatives pour le pouvoir réducteur des échantillons de miel et de leurs mélanges. Le miel de Tazmalt (M2) possède un meilleur pouvoir réducteur qui est de 696,07mgEAG/100g suivi respectivement par le miel d'ait smail (M1) avec une valeur de 665,02, et le miel de Taskeriout (M3) 579,60mgEAG/100g

Le pouvoir réducteur de la figue sèche (944.55mg EAG/100g) est supérieur à celui apporté par les échantillons de miels.

Pour les échantillons du miel enrichis à la figue sèche, le mélange 1 (M1) présente le meilleur pouvoir réducteur avec une valeur de 1026,08mgEAG/100g, suivi par le mélange 2 (M2) avec une valeur de 897,96mgEAG/100g, le pouvoir réducteur le plus bas est présenté par le mélange 3 (M3) avec une valeur de 793,14mgEAG/100g.

Les miels de couleur claire présentent une faible activité antioxydante alors que les miels de couleur foncé enregistrent des teneurs plus élevées. Cela peut être expliqué par le fait que les miels de couleur claire contiennent des teneurs faibles en composés phénoliques, tandis que les miels foncés contiennent des teneurs élevées en composés phénoliques (**Gül et al., 2018**).

Liu et al., (2013) ont prouvé que les miels les plus riches en composés phénoliques et flavonoïdes présentent une forte activité antioxydante. Les différentes variations de l'activité antioxydante des miels étudiés sont étroitement associées à son origine florale, aux teneurs en composés bioactifs tels que les polyphénols, les flavonoïdes et les caroténoïdes (**Bogdanov., 2017**). Cependant, la nature et la concentration en antioxydants peuvent moduler l'intensité du pouvoir réducteur ainsi intervient la position et le nombre de groupements hydroxyles.

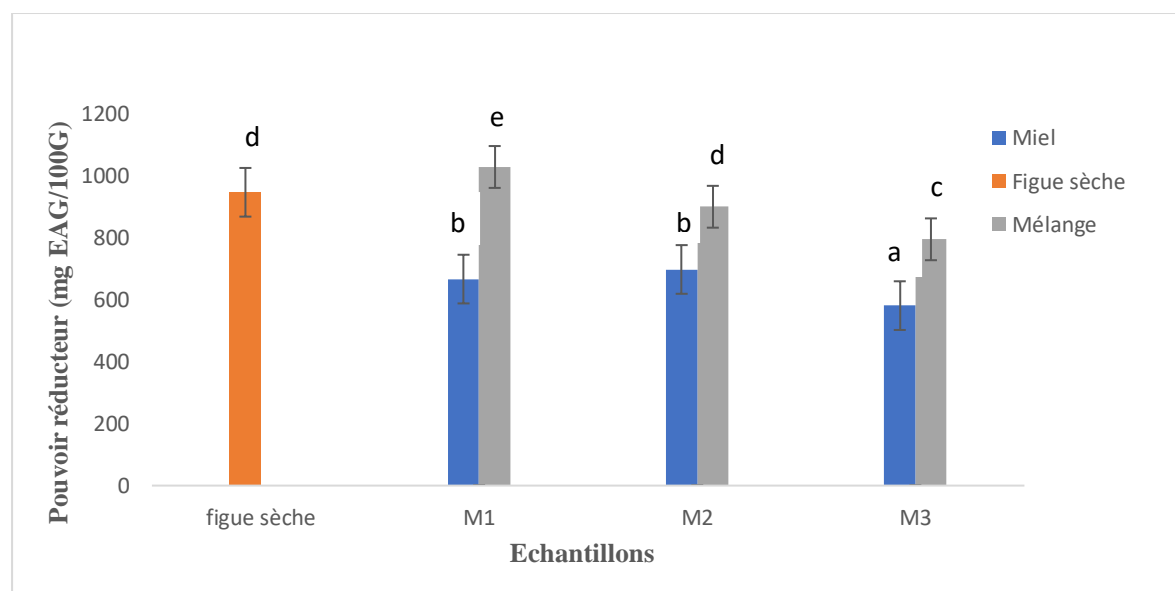


Figure N°13 : Pouvoir réducteur des échantillons

Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant des lettres différentes présentent des différences significatives $a < b < c < d < e$.

V.2.2.L'activité anti radicalaire DPPH

L'activité antioxydante est déterminée par la diminution de l'absorbance d'une solution méthanolique de DPPH, qui est due à sa réduction en une forme non radicalaire DPPH-H par les antioxydants donneurs d'hydrogènes présents dans les échantillons (**Doukani et al., 2014**).

D'après les résultats obtenus, le pouvoir anti radicalaire des échantillons étudiés vis-à-vis du radical DPPH varie de 32,63% à 36,80% pour une concentration de 100 mg/ml. Le miel d'Ait smail (M1) présente l'activité anti radicalaire la plus faible et le miel de Taskeriout (M3) présente la meilleure activité anti radicalaire (figure 14). L'étude réalisée par **Bouyahia et al., (2017)** sur des miels Marocains a apporté des pourcentages qui varient de [36,38% à 61,94%]. Ces derniers sont supérieurs aux résultats rapportés dans la présente étude.

Cette différence est due aux conditions expérimentales (la température et le temps de réaction), qui peuvent affecter les résultats de manière significative (**Hogan et al., 2009 ; Lobo, 2009**). Selon **Guerrini et al.,(2009)**, l'activité antiradicalaire du miel est due principalement aux teneurs en vitamine C, caroténoïdes et composées phénoliques.

Les résultats obtenus pour les échantillons de miel enrichis à la figue sèche varient de 13,88 % à 16,31 %, le mélange M3 enregistre la plus grande activité antiradicalaire, suivi respectivement par les mélanges M2 et M1. L'activité antiradicalaire des figues pourraient également avoir une influence sur l'activité antiradicalaire grâce à leur capacité importante à céder des atomes d'hydrogène.

L'activité antiradicalaire dépend de la structure des composés phénoliques contribuant à leur capacité de transfert d'électron/donneur d'hydrogène ; ainsi, certains composés réagissent très rapidement avec le DPPH réduisant un nombre de molécules de DPPH correspondant au nombre de groupements hydroxyles disponibles (**Williams et al., 1995**).

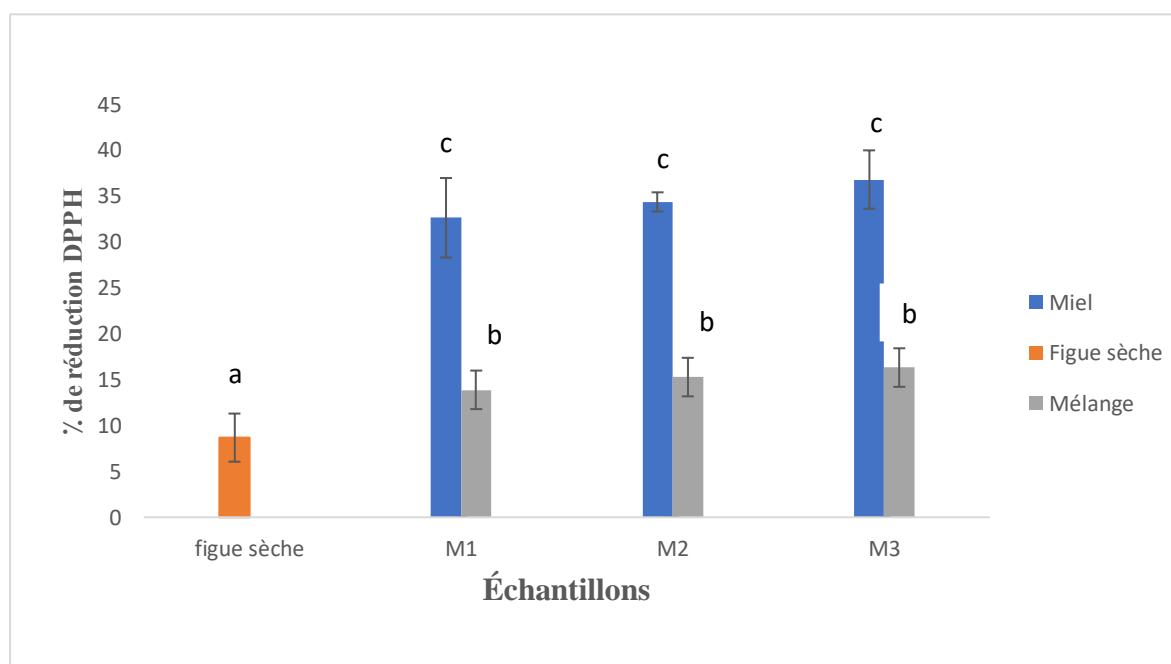


Figure N°14 : Activité antiradicalaire des échantillons étudiés.

Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant des lettres différentes présentent des différences significatives $a < b < c$.

V.2.3. La réduction du molybdate

La figure (15) montre les résultats obtenus concernant l'activité antioxydante, mesurée par la réduction de molybdate par les antioxydants présents dans les échantillons analysés. Pour les échantillons de miels étudiés, la meilleure capacité réductrice est enregistrée pour le miel de Tazmalt (M2) avec une valeur de 1276,88 mgEAG/100g, suivi respectivement par le miel d'Ait smail (M1) avec une teneur de 707,61mgEAG/100g, et enfin celui qui enregistre une faible capacité réductrice qui est de 674,51mgEAG/100g est le miel de Taskeriout (M3). La capacité réductrice enregistrée pour la figue sèche (1912,34mgEAG/100g) est supérieure à ceux du miel.

Pour la capacité réductrice du miel enrichi à la figue, le mélange1(M1) a la plus grande capacité de 1892,48mEAG/100g, suivi respectivement de mélange 2 (M2) avec une valeur de 1415,89mEAG/100g, et enfin le mélange 3 (M3) avec la capacité réductrice la plus faible qui est de 965,77mEAG/100g. Les différences des résultats peuvent être attribuées à plusieurs facteurs tels que la source florale, les facteurs saisonniers, et la nature du solvant d'extraction (Linda et al., 2012).

La variation de la capacité réductrice des échantillons vis-à-vis du molybdate peut être attribuée à leur différence de composition en agents réducteurs tels que les polyphénols, l'acide ascorbique et les caroténoïdes (Jayaprakasha *et al.*, 2008). La nature et la structure des composés phénoliques ainsi que la présence d'autres composés non phénoliques tels que les enzymes et les substances non enzymatiques peuvent intervenir dans l'activité antioxydante du miel (Loo *et al.*, 2008 ; Ferreira *et al.*, 2009).

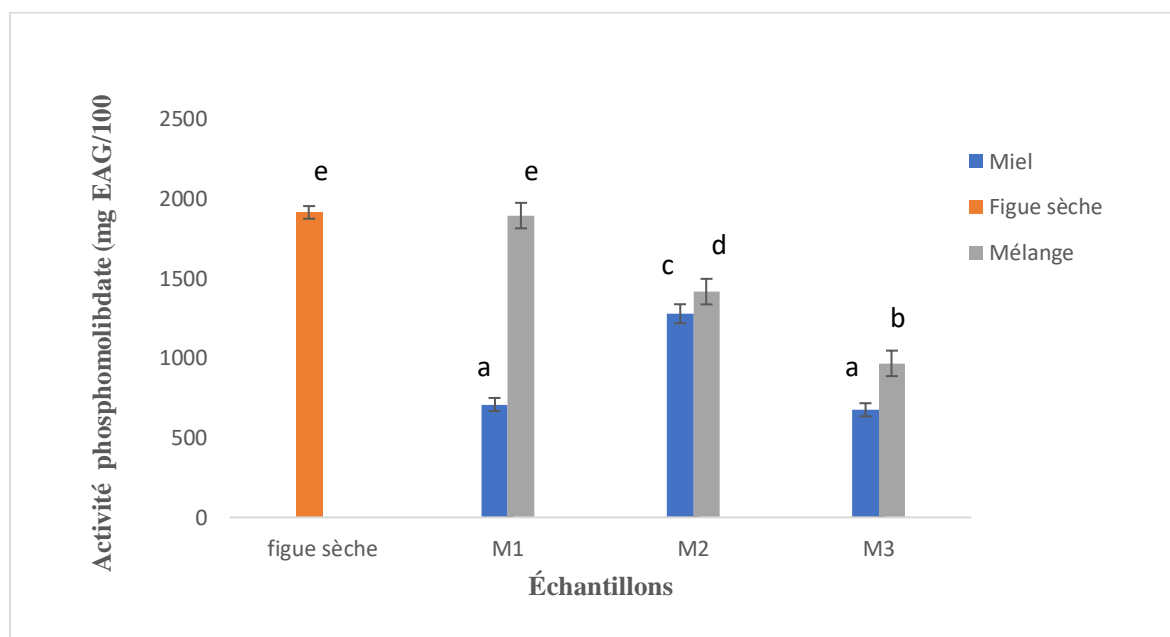


Figure N°15 : Réduction du molybdate des échantillons.

Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant des lettres différentes présentent des différences significatives $a < b < c < d < e$.

VI. Conclusion et perspectives

La santé humaine est mise en danger par de nombreuses maladies causées par le stress oxydatif, ce qui a mené à la recherche de produits naturels riches en antioxydants réduisant ainsi les risques liés à ces maladies. Parmi les aliments bénéfiques à l'organisme, le miel et la figue sèche, qui sont non seulement une source d'apports nutritifs mais également Présentent des effets protecteurs contre les maladies.

Dans la présente étude, une évaluation globale des teneurs en antioxydants à savoir les composés phénoliques, les flavonoïdes, l'acide ascorbique et les caroténoïdes ainsi que la détermination de l'activité antioxydante ont été réalisées sur quelques variétés du miel, figue sèche et leurs mélanges en utilisant un solvant d'extraction (méthanol 50%). Les résultats obtenus montrent que la composition en antioxydants des différents échantillons étudiés varie significativement selon l'origine florale, la zone géographique et les conditions climatiques.

L'étude statistique a révélé que le miel de Tazmalt (M2) représente la teneur la plus élevée en flavonoïdes (5,48mgEQ/100g), caroténoïdes (4,12mgE β -carotène/100g), meilleur pouvoir réducteur (696,07mgAG/100g), et une meilleure réduction de molybdate (1276,88mgEAG/100g). Le mélange (M1) est le plus riche en composés phénoliques (27,81mgEAG/100g), en caroténoïdes (6,95mgE β -carotène/100g) il représente également un fort pouvoir réducteur (1026.08 mgEAG/100g.) et une forte réduction du molybdate (1892,4861mgEAG/100g). tandis que le mélange (M2) représente la teneur la plus élevés en acide ascorbique (27,55mgEAA/100g) et en flavonoïdes (6,04mgEQ/100g), la meilleure activité anti radicalaire est constaté dans le mélange (M3) (16,31%).

L'échantillon de la figue sèche présente des teneurs très élevées en antioxydants, ce qui confirme l'intérêt de la consommation des figues sèches, grâce à leurs teneurs incontestables en différents antioxydants qui piègent les radicaux libres, et qui protègent contre le phénomène du stress oxydatif.

Sur la base des données obtenues dans le présent travail, on peut conclure que l'addition De la figue sèche au miel a amélioré considérablement ce dernier.

Enfin sur le plan de perspective, il serait souhaitable :

- D'élargir l'échantillonnage à différente origine botanique.
- D'étudier les effets thérapeutiques du miel additionné de figue sèche.
- D'identifier les antioxydants du miel et de la figue sèche par des techniques plus Performantes tels que HPLC.

A

Alain Favier (2003). Le stress oxydant Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. Vol 115, p 01-02.

Azeredo L.D.C, Azeredo M.A.A, De Souza S.R. and Dutra V.M.L (2003).Protein content and physicochemical properties in honey samples of *apis mellifera* of different floral origins. Food chem. 80; 249-254.

Alvarez-Suarez, J.M., Tulipani, S., Bertoli, E. and Battino, M., (2010). Contribution of honeyin nutrition and human health: a review. Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism3: 15-23.

Azzi R ., 2013. Contribution à l'étude de plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel du diabète sucré dans l'Ouest algérien. Thèse de doctorat, université Abou Bekr Belkaid -Tlemcen, Algérie. 214 p.

Akagawa A. et Suyama K. (2001).Amine oxidase-like activity of polyphenols Mechanism and properties. European Journal of Biochemistry, 268:1953-1963.

Al-Mamary M., Al-Meeri A. et Al-Habori M. (2002).Antioxidant activities and total phenolics of different types of honey. Nutrition Research. 22: 1041-1047.

Afanas'eva, I.B., Ostrakhovitch, E.A., Mikhal'chik, E.V., Ibragimova, G.A., Korkina, L.G. (2001).Enhancement of antioxidant and anti-inflammatory activities of bioflavonoid rutin by complexation with transition metals. Journal of Biochemical Pharmacology. vol.61, n°6, p. 677-684.

Amić D., Davidović-Amić D., Bešlo D. et Trinajstić N. (2003).Structure–Radical scavenging activity relationships of flavonoids. CROATICA CHEMICA ACTA CCACAA., 76 (1) : 55-61.

Andrew, J., Youn, G., Gordon, L et Low, E. (2018).Carotenoids antioxidant properties. School of Natural Sciences and Psychology, Liverpool John Moores University, Byrom Street, Liverpool L3 3AF, vol.15; p.715-723.

Azeredo L. da C., Azeredo M.A.A., de Souza S.R. and dutra V. M.L. (2003). Protein contents and physicochemical properties in honey samples of *Apis melifera* of different floral origins. Food Chemistry, 80:246-254.

B

Ball G.F. (1997). Vitamin C. In bioavailability and analyse of vitamins in foods. *Ed. Jones Barleh.* 515-563

Bruneau, E., 2011. Chapitre IX : Les produits de la ruche. In : Clément et al., Le traité rustica

de l'apiculture. Editions Rustica, Paris, p 354-387.

Bogdanov S., Bieri K., Gremaud G., Iff D., Känzing., Seiler K., StöckliH. and Zürcher K.(2004). Produits apicoles: 23B pollen. *Revus par le groupe d'experts « produits apicoles »* MSDA : 1-6.

Bogdanov, S. (2017). Honey as nutrient and functional food. Book of honey. Bee-hexagon. *Journal of the American College of Nutrition*, p.257-459.

Bonté F., Saunois A. et Pinguet P. 2011. Existence of a lipid gradient in the upper stratum corneum and its possible biological significance. *Arch Dermatol Res*, vol.289. n° 2. pp. 78-82

BOUADJLA L. et ELIAS N. ; 2009. Caractérisation des miels de montagne de quelques localités par des analyses physico-chimiques et microbiologiques. Th. Ing. Sci. Agro., Tizi-Ouzou, 79p.

Bendahou H. et Hasnat N. 2005. Contribution à l'étude de l'influence de durée de conservation sur la qualité du miel dans la wilaya de Mascara ; Mémoire d'ingénieur en sciences alimentaires, centre universitaire de Mascara. 22-28p

Bruneau E. Les produits de la ruche. In le traité rustica de l'apiculture. Paris, Rustica, 2002, p.354-284

Balas, F. (2015). Les propriétés thérapeutiques du miel et leurs domaines d'application en médecine générale : revue de la littérature. *Médecine Humaine et Pathologie*, <dumas-01293955>.

Belhadj, O., Oumato, J et Zarira, S. (2015). Etude physico-chimique de quelque type de miels marocains. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, vol.3, n°3, p.72.

BLANC M., 2010. Propriétés et usage médical des produits de la ruche. Th. Doc. En Pharmacie, Univ Limoges, 142 p.

Bueno costa, F.B., Carlos zambiasi, R., Wendt bohmer, B., Clasen chaves, F., Padilha da silva, W., Teixeira zanusso, J et Dutra, I. (2016). Antibacterial and antioxidant activity of honeys from the state of riogrande do sul. *Brazil food science and technology*, vol.65, p.333-340.

Boussaid, A., Chouaibi, M., Rezig, L., Hellal, R., Donsi, F., Ferrari, G et Hamdi, S. (2018). Physicochemical and bioactive properties of six honey samples from various floral origins from Tunisia. *Arabian Journal of Chemistry*, vol.11, n°2, p.265–274.

Bouyahia A , Abrini J , ET-touys A, Lagrouh F, Dakka N, Bakri Y. (2017). Phytochemical Analysis and Evaluation of the Antioxidant Activity of Moroccan Honey Samples. *Journal of Phytothérapie Lavoisier SAS*.DOI 10.1007/s10298-017-1122-3.

Bossokpi M.I.P.L. (2003).Etude des activités biologiques de Fagara zanthoxyloïdes Lam (Rutaceae). Thèse de pharmacie, Bamako. 133.

Berthet J. et Amar-Costesec A. (2006). Dictionnaire de biologie. 1er édition De Boeck Université (Bruxelles): De Boeck et Larcier s. a. (Paris- France).

Bimbenet J.J., Bonazzi C. et Dumoulin E. 2002. L'eau en séchage, stockage et réhydratation. Dans l'eau dans les aliments par LE MESTEM ; LORIENT D. et SIMATOS D : Edition Tec & Doc. Paris. pp.525–546.

Belaid, D. (2005). Sciences et technologies agronomiques Algérie : manuel de séchage des fruits. L'organisation des nations unies pour le développement industriel. Edition, p.1-7

Benzie I.F.F. (2003). Evolution of dietary antioxidants. *Comparative Biochemistry and Physiology Part*, 136: 113–126.

C

Couplan F. (1998). Guide nutritionnel des plantes sauvage et cultivées. Eddition : Delacheaux et Nestlé. Paris, 14-104.

Christelle Koechlin-Ramonatxo(2006).Oxygène, stress oxydant et suppléments antioxydantes ou un aspect différent de la nutrition dans les maladies respiratoires 165-177, p3, 4.

Codex. 2001. Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires. Commission du Codex Alimentarius. ALINORM 01/25, 1-31.

CLEMENCE HOYET. (2005), le miel : de la source a la thérapeutique. Thèse pour obtenir : le diplôme d'état de docteur en pharmacie, université Henri Poincaré - Nancy, France.

CHAUVIN R., 1987.Le miel In « la ruche et l'homme ». Edition Calmann-Lévy.45-47.

Canz-yildiz, O., Sahin, H., Turumtay, E.A., Silici, S etKolayli, S. (2015). An investigation of Turkish honeys: Their physico-chemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles. *Journal of food chemistry*, vol.180, p.133–141.

Chawla A., Kaur R., Sharma A.K., 2012.Ficus carica Linn.: A Review on its Pharmacognostic, Phytochemical and Pharmacological Aspects. *International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research - Punjab, India*; 1(4): 215-232.

Couplan F (1998) .Guidenutritionnel des plantes sauvages et cultivées, Delachaux et Niestlé

Crisosto C.H., Bremer V., Ferguson L. et Crisosto G.M. 2010. Evaluating quality attributes of four fresh figs (*Ficus carica* L.) cultivars harvested at two maturity stages. *Hort Science*, 45:707–710

Çalışkan O., Polat A.A. (2011). Phytochemical and antioxidant properties of selected fig (*Ficus carica* L.) accessions from eastern Mediterranean region of Turkey. *Scientia Horticulturae*. 128:473-478.

Chira K., J.H. Suh, Saucier et P.L. Teissèdre. 2008. Les polyphénols du raisin. *Phytothérapie*. 6 :75-82.

D

Da Silva P.M., Gauche C., Gonzaga L.V., Oliveira Costa A.C. and Fett R. (2016). Horney : Chemical composition, stability and authenticity. *J. Food Chem*, 196, 309–323

Donadieu Yves (2011). Le miel: thérapeutique naturelle (les thérapeutiques naturelles), 2eme édition (1978) p36.

Doukani K., Tabak S., Derriche A. and Hacini Z. (2014). Etude physicochimique et phytochimique de quelques types de miels Algériens. *Revue Ecologie-Environnement*. 10 :37- 49.

De Souza R.f., W.F., De Giovani. (2004). Antioxidant Properties of Complexes of Flavonoids with metal ions. *Journal of Redox Report*. vol.9, n°2, p.97-104.

E

EMILLIE FREDOT. (2009). Connaissance des alimentaires et nutritionnelles de la diététique. Deuxième édition. Edition TEC&DOC, 11, rue Lavoisier, Paris.

Emmanuelle, H., Julic, E et Laurent, G. (1996). Les constituants chimiques du miel. *Ecole National Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaire*. Galerie virtuelle apicole.

El-khaloui M. (2010). Valorisation de la figue au Maroc. Bulletin mensuel d'information et de liaison de programme national de transfert de technologie en agriculture. N° 186.

Esteki T and UroojA. (2012). Phytochimicale profile and antioxidant potential of Different Tissues of *Ziziphus jujube* mille. *International journal of Food Nutrition and Safety*, 1(3): 115-144.

El-Agamey A., Gordon M., Lowe H., David J., McGarvey A-M., Denise M-P-T., George T and Andrew J-Y. (2004). Carotenoid radical chemistry and antioxidant/pro-oxidant properties. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 37-48.

F

FAYET A., (2012). La dose fait le poison. *Apithérapie*. Abeille et miel, 151.

Favier A. (2003). Le stress oxydant. *L'actualité chimique*, 108-115.

Fanny rhoné, jean francoisodoux, virginie britten, thierrytamic, cécile brun, Egric maire.
5. Journées de la recherche apicole, (2017).

Ferreira, I.C.F.R., Aires, E., Barreira, J.C.M et Estevinho, L.M. (2009).Antioxidant activity of Portuguese honeys samples: Different contributions of the entire honey and phenolic extract. *Journal of Food Chemistry*, vol.114, n°4, p.1438–1443.

F.A.O. (2010). Food and Agriculture Organization. Database results; FAO-STAT:
<http://faostat.fao.prg>.

Favier A. (2003).Le stress oxydant : intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'actualité chimique*, 108-117.

Fernandez-Gutierrez A. (2006).Advances in the analysis of phenolic compounds in products derived from bees. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41: 1220–1234.

J

Jeddi, L. (2009).Valorisation des figues de Taounate potentiel, mode et stratégies proposés. *Industrie Agricole et Alimentaires*, p.14.

Jean-Prost, P., 2005. 7e édition revue et complétée par LE CONTE Y. Apiculture : Connaître l'abeille. Conduire le rucher, 698 p.

Jayaprakasha, G. K.,Girenaver, B. and Patil, B. S. (2008).Antioxidant capacity of pummel and navel oranges: Extraction efficiency of solvents in sequence. *LWT*. 41 : 376-384.

H

HENRI CLÉMENT. (2009). L'abeille, sentinelle de l'environnement. Edition Alternatives, 33 Rue SAINT-ANDRÉ-DES-ARTS 75006 Paris.

HUSSEIN. (2005). l'Apiculteur en Afrique –Apimondia .Fédération internationale des apiculteurs.

Hoxha, L., Kongloli, R et Hoxha, M. (2015).Antioxidant activity of some dried autochthonous albanian fig (*Ficus Carica L*) cultivar. *Journal of Crop Science Technology*, vol.1, n° 2, p.20-26.

Haleng J., Pincemail J., Defraigne J. O., Charlier C., Chapelle J. P. (2007).Le stress oxydant. 62 (10) : 628-638.

Hyardin A. (2008).Etude de la fonctionnalité alimentaire de plats industriels. Thèse de doctorat en' institut national polytechnique de lorraine. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des

Industries Alimentaires – 54505 Vandoeuvre-lès-Nancy Unité de Recherche Animal et Fonctionnalités de Produits Animaux, 255p.

Haleng J., Pincemail J., Defraigne O.-J., Charlier J., Chapelle, P.-J. (2007). Le stress oxydant. *Rev Med Liege*, 62(10):628-638.

Hadj, S. (2009). Extraction, identification, caractérisation des activités biologiques de flavonoïdes de *Nitrariaretusa* et synthèse de divers acyles de ces molécules par voie enzymatiques. Institut National Polytechnique de Lorraine. vol.122, n°2, p.16.

Haesslein, D et Oreiller, S. (2008). Fraîche ou séchée, la figue est dévoilée. Filière Nutrition et diététique. *Haute école de santé Genève*, p.24.

HENRI CLÉMENT. (2009). L'abeille, sentinelle de l'environnement. Edition Alternatives, 33 Rue SAINT-ANDRÉ-DES-ARTS 75006 Paris.

Hogan S., Zhang L., Li J., Zoecklein B. and Zhou K. (2009). Antioxidant properties and bioactive components of norten (*Vi is aestivalis*) and Cabernet Franc (*Vitisvinifera*) wine grapes. *Food Science and Technology*. 42, 1269-1274.

Harding A., Wareham N. et al. (2008). Plasma vitamin C level, fruit and vegetable consumption, and the risk of new-onset type 2 diabetes mellitus: the European prospective investigation of cancer--Norfolk prospective study. 168:1493-9.

I

Infanger E. (2004). Table de composition nutritionnelle suisse. Berne. 1992-0067

G

Gül, A et Pehlivan, T. (2018). Antioxidant activities of some monofloral honey types produced across turkey. *Saudi journal of Biological Sciences*, ISSN 1319-562X p.2-8.

GONNET M. (1982). Le miel : composition, propriétés, conservation. Ed. Echauffour. Argentan. Ornes, 9-12 pp.

Gupta, S.K., Singh, H., Varshney, A.C. & Prakash, P. (2011). Therapeutic efficacy of honey in infected wounds in buffaloes. *Indian Journal of Animal Sciences*, 62(6): 521-523

GOMEZ –CARAVACA A. M., GOMEZ-ROMERO M., ARRAEZROMAN., SEGURA-CARRETERO A. et FERNANDEZ-GUTIEREZ A., 2006. Advances in analysis of phenolics compounds in products derived from bees. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 1220-1234.

Guvenc M., Tuzcu M. et Yilmaz O. 2009. Analysis of fatty acid and some lipophilic vitamins found in the fruits of the *Ficus carica* variety picked from the Adiyaman District. *Research Journal of Biological Sciences*, 4:320–323.

Gomez-Caravaca A.M., Gomez-Romero M., Arraez-Roman D., Segura-Carretero A., K

KARL VON FRISCH. (2011). vie et mœurs des abeilles, Edition Albin Michel, 22 rue Huyghens, 75014 Paris. ISBN : 978-2-226-1872-7. ISSN : 0298-2447.

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

Katrina Brudzynski (2006). Effect of hydrogen peroxide on antibacterial activities of Canadian honeys. Thèse d'ingénieras 2007, p 1231.

Kakahishivili, T.A., Kolesnik, A.A., Zherebin, Y.L etGolubev, V.N. (1987).Liposoluble pigments of the Fruit of *Ficus Carica L.* *Journal of Natural Compounds*, vol.22, n°4, p.477-479.

Khadari et al., (1994). Khadari, B., Lashermes, Ph., Kjellberg, F. 1995a. RAPD fingerprints for identification and genetic characterization of fig (*Ficus carica L.*) genotypes. *J. Genet. & Breed.* 49: 77-86.

karathanos V.T., Belessiotis V.G., 1997. Sun and artificial air drying kinetics of some agricultural products. *Journal of Food Engineering.* Great Britain; 31:35-46.

L

Lequet L. (2010). Du Nectar a un miel de qualité : Contrôle analytique du miel et conseils pratiques à l' intention de l'apiculteur amateur. *Ecole National vétérinaire.* Lyon. 195p.

Lachman, J., Orsak, M etHejtmankova, A. (2010). Evaluation of antioxidant activity and total phenolic of selected Czech honeys. *Journal of Food Science and Technology*, vol.43, n° 1, p.52-58.

Lapornik, B., Prošek, M et Wondra, A.G. (2005). Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time. *Journal of food Engineering*, vol.71, n°2, p.214–222.

Liu, J.R., Ye, Y.L., Lin T.Y., Wang, Y.W et Peng, C.C. (2013).Antioxidant properties and color parameters of herbal teas in China. *Industrial Crops and Products*, vol.139, p.938-943.

Lianda R.L.P., Sant' Ana L.D., Echevarria A. and Castro R.N., (2012). Antioxidant Activité and Phénolic composition of Brazillian honey and their Extracts .J. Braz. *Chem.Soc.*1:1-10

Loo, A. Y., Jain, K. and Darah, I. (2008). Antioxidant activity of compounds isolated from thepyrligneous acid, *Rhizophoraapiculate*. *Food Chemistry*, 107: 1151-1160.

Lansky ., Paavilainen., (2011). Figs the genus Ficus.

Lee J., Koo N. and Min D.B. (2004). Reactive Oxygen Species, aging, and Antioxidative Nutraceuticals. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 3: 21-33

M

Mouhoubi- Tafnine, Z., Ouchemoukh, S et Tamendjari, A. (2016). Antioxidant activity of some Algerian honey and propolis. *Indust Crop Prod*, vol.88, p. 85-90.

Martin S. et Andriantsitohaina L. (2002). Mecanisme de la protection cardiaque et vasculaire des polyphénols au niveau de l'endothélium. *Annales de cardiologie et d'angéiologie*. 51 : 304-315

N

Nkhili EZ., 2009-Polyphénols de l'alimentation : Extraction, insteractions avec les ions du fer et du cuivre, oxydation et pouvoir antioxydant. Thèse du doctorat, univ, Marrakech,320p.

Noor N, Sarfraz R A, Ali S ET Shahid M. (2014). Antitumour and antioxidant potential of some selected Pakistani honeys. *Food Chem.*143, 362– 366.

Naczk M., Shahidi F. (2003). Phenolics in food and nutraceuticals. Boca Raton, FL: CRC Press.

O

Okos M.R., Narasimhan R.K., Singh et Witnauer A.C. (1992). Food dehydration. In «Handbook of Food Engineering » Hedman D.R. et Lund D.B- New York: Marcel Dekker

Ouaouich A., Chimi H., 2005. Guide du sécheur de figes. Ed; L'organisation des Nations Unies pour le développement industriel - Rabat, Maroc. 5-7.

P

Pourghayoumi, M., Bakhshi, D., Rahemi, M., Norozisharaf, A., Hafari, M., Salehi M., Chamane, R et Hernandez, F. (2017). Phytochemical attributes of some dried fig (*Ficus Carica L*) Fruit cultivars Grown in Iran. *Journal of Ariculturae Conspectus Scientificus*; vol .81, n°3, p.161-166.

PROST J., 2005. Apiculture, connaître l'abeille, conduire le rucher, 7^{ème} édition, J.B. BAILLIERE, Paris, 689p.

Prior, L et Cao, G. (1999). In vivo total antioxidant capacity. Comparison of different analytical methods. *Bio-Assays for Oxidative Stress Status*; Elsevier; p.39-47

Pyrzynska, K et Biesaga, M. (2009). Analysis of phenolic acids and flavonoids in honey. *Journal Trends in Analytical Chemistry*; vol. 28, n°7, p.893-902.

Patiny S. (2012). Evolution of Plant-Pollinator Relationships .Edition: Cambridge University Press – 31 janvier 2012

Priymenko N. (2005). Intérêt de la suppléments en antioxydants dans l'alimentation des carnivores domestiques. Thèse de doctorat en vétérinaire, Université Paul- Sabatier de Toulouse. 120p.

Pulido R., Bravo L. et Saura-Calixto F. (2000). Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing /antioxidant power assay. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 48: 3396-3402

Q

Querzi et Zuttum. 1997. Grand usuel Larousse dictionnaire encyclopédique. Ed Larousse Bourdas.

R

Ravazzi. G. 1996. Cours d'apiculture. Ed Devacchi .S.A. Paris. 92p.

Rossant Alexandra. 2011. Le miel : un composé complexe aux propriétés surprenantes. Univ de limoges.

Riberau-Gayon P. (1968). Propriétés chimiques des phenols. Application aux produits naturels. In: Les composés phénoliques des végétaux. Ed. Dunod. 28-157.

Rao A.V. et Rao L.G. (2007). Carotenoids and human health. *Pharmacological Research*. (55): 207-216.

S

Schram, D.D., Karim, M., Schrader, H.R., Holt, R. R., Cardetti, M. and Keen, C.L. (2003). Honey with high levels of antioxidants can provide protection to healthy human subjects. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51:1732-1735.

Soni, K., Choudhary, A., Patowary, A., Singh, A.R., Bhatia, S., Sivasubbu, S., Chandrasekaran, S., Pillai, B. (2013). miR-34 is maternally inherited in *Drosophila melanogaster* and *Danio rerio*. *Nucleic Acids Res.* 41(8):4470-4480.

SILVA L.R., VIDEIRA R., MONTERIO A.P., VALENTAO P. et ANDRADE P.B., 2009. Honey from Luso region (Portugal): Physicochemical characteristics and mineral contents. *Microchemical Journal*, 93(1), 73-77.

Scalbert, S., Gautan, S et Sharma, A. (2005). Physical, Biochemical and Antioxydant properties of some Indian Honeys. *Journal of Chemistry*; vol.118, n°2, p.391-397.

Solomon, A., Golubowicz, S, Yablowicz, Z., Grossman, S.B., Gottlieb, H., Altman, A., Kerem, Z et Flaishman, M.A. (2006). Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common Fig (*Ficus Carica L.*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*; vol.54, n°20, p.7717-7723.

Souci et al., (1994). Food Composition and Nutrition Tables; 5th revised and completed. Edition: Stuttgart, Germany, Medpharm, Scientific Publishers.

Stalikas C. D. (2007). Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *Journal. Sep. Sci.* 30 : 3268–3295.

Sun M., Temelli F. (2006). Supercritical carbon dioxide extraction of carotenoids from carrot using canola oil as a continuous co-solvent. *Journal. of Supercritical Fluids.* 37: 397-408.

T

Turksitha, L., Chen, Y.L.S., Wong, K et Peng, C.C. (2018). Antioxidant and antibacterial capacity of stingless bee honey from Borneo (Sarawak). *Journal of Asia-Pacific Entomology*; vol.21, n°2, p.563-570.

Trifunski, Svetlana I., et al., (2015).Flavonoids and polyphenols content and antioxidant activity of *Ficus carica* L. extracts from Romania. *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke*. Pp (128: 57-65).

V

VANHANEN L.P., EMMERZ A. et SAVAGE G.P., 2011. Mineral analysis of mono-floral New Zealand honey. In *Food Chemistry*, **128**(1), 236-240.

Valdés-silverio, L.A., Iturralde, G., García-tenesaca, M., Paredes-moreta, J., Narváez-narváez, D.A., Rojas, C.M., Tejera, E., Beltrán, A.P., Giampieri, F et Alvarez-suarez, J.M. (2018).Physicochemical parameters, chemical composition, antioxidant capacity, microbial contamination and antimicrobial activity of Eucalyptus honey from the Andean region of Ecuador. *Journal of Apicultural Research*; vol.57, n°3, p.382-394.

Vallejo, F., Marinj, G et Tomas-barberan, F.A. (2012). Phenolic compound content of fresh and dried figs (*Ficus Carica* L). *Journal of Food Chemistry*; vol.130, n°3, p.485-492.

Vidaud J. 1997. Le figuier monographique .centre technique interprofessionnel des fruits et légumes. Edition Système universitaire de documentation, Paris, 263 p

Valko M., Rhodes C.J., Moncol J., Izakovic M., Mazur M. (2006).Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chemico-Biological Interactions*.160 : 1- 40.

Vinson J., Zubik L., et al. (2005). Dried fruits: excellent in vitro and in vivo antioxidants. *Journal of Food Science*. 24:44-50.

X

Xavier Janssens (2008).Prévision des potentialités de production de miel à l'échelle d'un rucher au moyen d'un système d'information géographique.

Sites internet

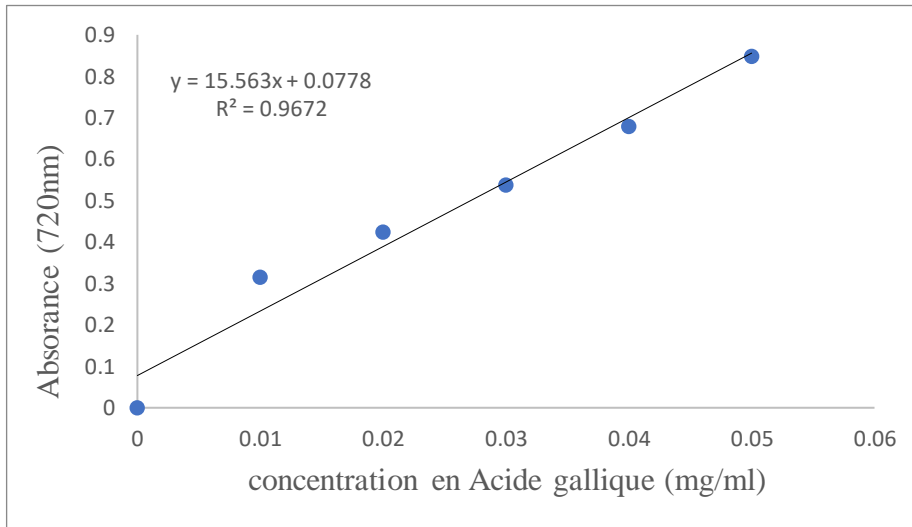
(<https://sante.journaldesfemmes.fr/calories/miel/aliment-31008>). Consulté le 28.06.2021.

Annexe N°1 : Normes de qualité relatives au miel

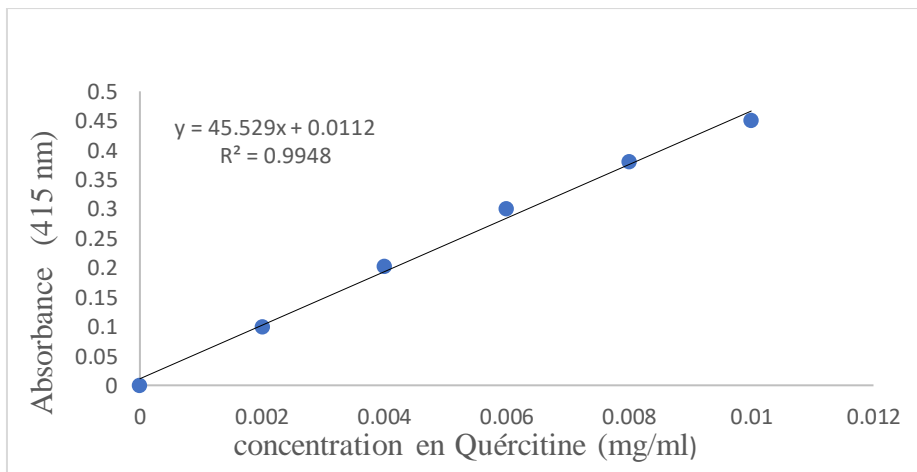
Critères de qualité du miel	Codex Alimentarius	UE
Teneur en eau		
Général	$\leq 20 \%$ (g/100g)	$\leq 20 \%$
Miels de bruyère (<i>Calluna</i>)		$\leq 23 \%$
Miels destinés à l'industrie en général	/	$\leq 23 \%$
Teneur en sucre		
Teneur en sucres réducteurs		
Miels non mentionnés ci-dessous	≥ 60 g/100 g	≥ 60 g/100 g
Miel de miellat ou mélanges de miel de miellat et de nectar	≥ 45 g/100 g	≥ 45 g/100 g
Teneur en saccharose		
Miels non mentionnés ci-dessous	≤ 5 g/100 g	≤ 5 g/100 g
Miels de luzerne, d'agrumes, de robinier, de sainfoin d'Espagne, d'Eucalyptus et d'Eucryphia	≤ 15 g/100 g	≤ 15 g/100 g
Miels de lavande (espèces <i>Lavandula</i>), de bourrache (<i>Boragoofficinalis</i>)	≤ 10 g/100 g	≤ 10 g/100 g
Teneur en matières insolubles dans l'eau		
Miels en général	≤ 0.1 g/100 g	≤ 0.1 g/100 g
Miel pressés	≤ 0.5 g/100 g	≤ 0.5 g/100 g
Teneur en matières minérales (cendres)		
Miels non mentionnés ci-dessous	≤ 0.6 g/100 g	≤ 0.6 g/100 g

Miel de miellat ou mélange de miel de miellat et de miel de nectar ou miel châtaignier	$\leq 1.2 \text{ g/100 g}$	$\leq 1.2 \text{ g/100 g}$
Acidité libre	$\leq 50 \text{ meq/kg}$	$\leq 50 \text{ meq/kg}$
Activité diastasique (indice diastasique en unités de Schade)		
Miel après traitement et mise en pot	≥ 8	≥ 8
Miels avec une teneur enzymatique naturellement faible	≥ 3	≥ 3
Teneur en hydroxyméthylfurfural		
Miel après traitement et mise en pot	$\leq 40 \text{ mg/kg}$	$\leq 40 \text{ mg/kg}$
Miel d'origine déclarée en provenance de régions ayant un climat tropical et mélanges de ces miels	$\leq 80 \text{ mg/kg}$	$\leq 80 \text{ mg/kg}$
Conductivité électrique		
Miel de nectar, miel non énuméré ci-dessous et mélanges de ces miels	$\leq 0,8 \text{ mS/cm}$	$\leq 0,8 \text{ mS/cm}$
Miel de miellat et de châtaignier, à l'exception des miels énumérés ci-dessous et des mélanges de ceux-ci.	$> 0,8 \text{ mS/cm}$	$> 0,8 \text{ mS/cm}$
Exceptions : arbousier, bruyère cendrée, eucalyptus, bruyère commune, manuka ou Jelly bush, théier.		

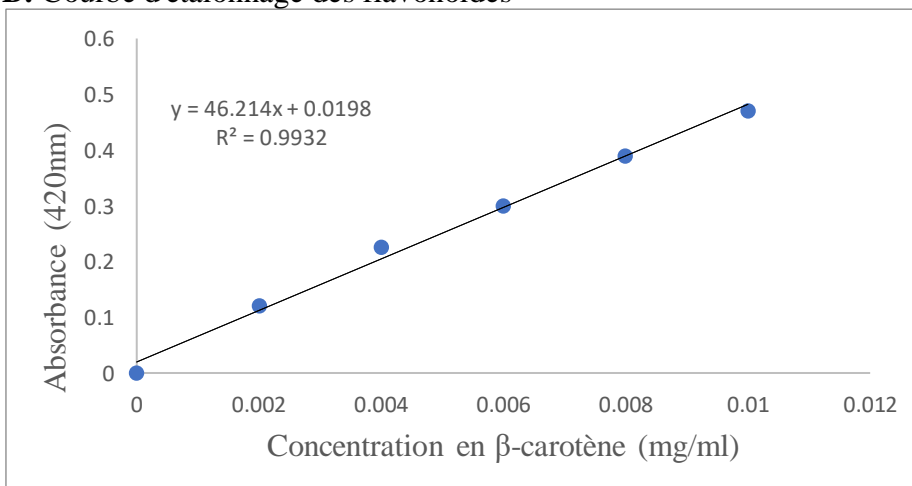
Annexe N°2 : Les courbes d'étalonnage



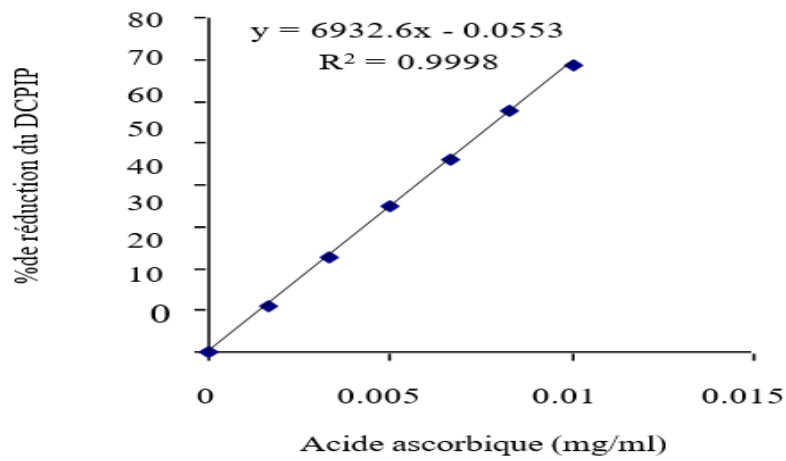
A: Courbe d'étalonnage des polyphénols



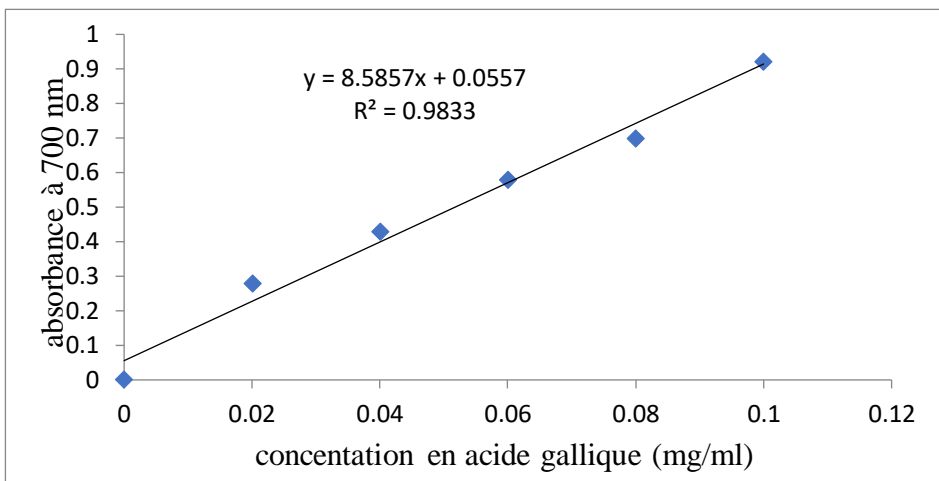
B: Courbe d'étalonnage des flavonoïdes



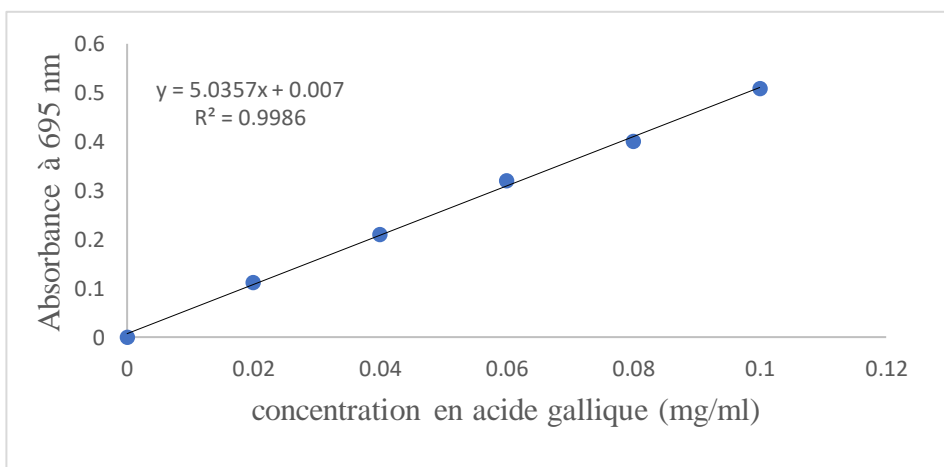
C: Courbe d'étalonnage des caroténoïdes



D: Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique



E: courbe d'étalonnage du Pouvoir réducteur



F: Courbe d'étalonnage du phosphomolibdate

Résumé

Le monde moderne a pris conscience sur l'importance des produits naturels et leurs effets bénéfiques, le miel et la figue sèche font partie de ces derniers. Ce sont des produits riches en antioxydants et privilégiés de l'homme depuis l'ère néolithique.

Ce travail est réalisé au niveau de l'université d'Abderrahmane Mira (Bejaia), il a pour objectif d'évaluer l'activité antioxydante de 3 échantillons de miels récoltés au niveau de différentes régions de la wilaya de Bejaia (ait smail, tazmalte, taskeriout), ainsi que de leurs mélanges avec la figue sèche collectée au niveau de la région de Beni maouche. Les extraits ont subi un dosage de leurs teneurs en antioxydants (composés phénoliques, flavonoïdes, caroténoïdes et acide ascorbique) ainsi que leurs activités antioxydantes (pouvoir réducteur, activité anti radicalaire DPPH et activité antioxydante au phosphomolybdate).

Les résultats obtenus ont montré que *Ficus carica* possède une meilleure teneur en antioxydants et une meilleure activité antioxydante par rapport aux échantillons de miel. Ce qui a expliqué l'amélioration considérable du pouvoir antioxydant des miels par l'addition des figues sèches.

Mots clés : miel, figue sèche, substances bioactives, activité antioxydante, mélange.

Abstract

The modern world has become aware of the importance of natural products and their beneficial effects, honey and dried fig are part of the latter are products rich in antioxidants and privileged by man since the Neolithic era.

This work is conducted at the University of Abderrahmane Mira (Bejaia), it aims to assess the antioxidant activity of 3 samples of honey collected in different regions of the wilaya of Bejaia (ait smail, tazmalte, taskeriout), as well as their mixtures with the dried fig collected in the region of Beni maouche. The extracts were assayed for antioxidant contents (phenolic compounds, flavonoids, carotenoids and ascorbic acid) as well as their antioxidant activities (reducing power, DPPH anti-radical activity and phosphomolybdate antioxidant activity).

The results obtained showed that *Ficus carica* has a better antioxidant content and antioxidant activity compared to honey samples. This explained the considerable improvement in the antioxidant power of the honeys. The honey-dried fig mixture can be exploited as a source of antioxidants significantly involved in the prevention of diseases, development of new drugs based on antioxidants of natural origin. This explained the considerable improvement of the antioxidant power of honeys by the addition of dried figs.

Key words: honey, dried fig, bioactive substances, antioxidant activity, mixture.

Introduction

Synthèse
Bibliographique

Matériels
et
Méthodes

Résultats
et
Discussion

Conclusion
et
Perspectives

Références
Bibliographiques

Annexes