

*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 : Conservation des Aliments et Emballage*



Réf : .....

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

**MASTER**

***Thème***

**Effet du traitement thermique sur la qualité  
du miel**

Présenté par :

**M<sup>elle</sup> Houanti Kahina & M<sup>elle</sup> Kadi Thili**

Soutenu le : 25 juin 2023

Devant le jury composé de :

Mr TAMENDJARI Abdrezak.

Professeur

Présidente

Mme TAFININE Zina

MCA

Encadreur

Mr MOKRANI abdrehmane.

MCA

Examineur

Année universitaire : 2022 / 2023

# *Remerciement*

Avant tout, nous tenons à remercier le bon dieu le tout puissant de nous avoir gratifier de santé, de volonté, de courage et patience pour l'accomplissement de ce travail.

Nos remerciements les plus sincères à notre promotrice Mme TAFININE pour sa disponibilité, sa patience, ses orientations et ses conseils.

Nous tenons à remercier Mr TAMENDJARI et Mr MOKRANI pour avoir accepté de présider, juger et examiner notre travail.

Nous remercions aussi tout le personnel du laboratoire de physico-chimie des aliments pour leur aide et gentillesse.

*Kahina et Thili*

# *Dédicaces*

Je dédie ce travail de fin d'études à :

Mes chers parents Norreddine et Lila pour leur soutien, assistance, sacrifice et accompagnement durant toutes mes années d'études.

Mes chères sœurs Nadjette, Kenza et Mon frère Nassim.

Ma chère amie avec laquelle j'ai partagé ce travail Thili.

Toute la famille Houanti.

La famille Cherid en particulier mes tantes.

Toutes la promotion de master 2 conservation des aliments et emballage 2023.

Toutes les personnes qui ont cru en mes capacités et qui m'ont aidée à la réalisation de ce travail.

*KAHINA*

# *Dédicaces*

Je dédie ce travail de fin d'études et cet événement marquant de ma vie à tous  
ceux qui me sont chers :

A mon merveilleux père Hamid décédé tôt et qui là où il est, continue de veiller  
sur moi. J'espère qu'il apprécie cet humble geste comme preuve de  
reconnaissance de ma part.

A mon adorable maman Nora qui ne cesse de me protéger et de me chérir.

A mes sœurs : Tiziri, Thizmaith, Wahiba, Hassiba.

A mes frères : Khiredine, Cherif, Mustapha, Taher.

A ma chère binôme et copine Kahina avec laquelle j'ai partagé ce modeste  
travail et des souvenirs inoubliables.

A ma chère copine Nadjette.

A mes chères tantes : Yamina et Safia.

A mes chères cousines : Souhila, Hassiba, Gania.

*THILI*

---

## Table des matières

Liste des figures	
Liste des tableaux	
<b>Introduction</b> .....	<b>1</b>

### *Partie théorique*

<b>1. Définition</b> .....	<b>2</b>
2. Origine du miel.....	2
2.1. Le nectar.....	2
2.2. Le miellat.....	2
<b>3. compositions du miel</b> .....	<b>2</b>
3.1. Les glucides.....	2
3.2. L'eau.....	3
3.3. Lipides.....	3
3.4. Vitamines.....	3
3.5. Acides aminés.....	3
3.6. Composés aromatique et phénoliques.....	4
3.7. HMF.....	4
3.8. Minéraux et Oligo-éléments.....	4
3.9. Acides organiques.....	5
3.10. Enzymes.....	5
<b>4. Propriétés physico-chimiques</b> .....	<b>6</b>
4.1. Viscosité.....	6
4.2. Densité.....	6
4.3. Couleur.....	6
4.4. Cristallisation.....	6
4.5. Conductivité électrique.....	6
<b>5. Propriété biologique</b> .....	<b>7</b>
5.1. Activité antioxydante.....	7

5.2. Activité antimicrobienne.....	7
5.3. Propriété thérapeutique.....	7
<b>6. Conservation.....</b>	<b>8</b>
<b>7. Authenticité.....</b>	<b>9</b>
<b>8. Effet du traitement thermique sur la qualité du miel.....</b>	<b>9</b>
8.1. La réaction de Maillard.....	9
8.2. Effet sur la composition.....	9
8.2.1. Production de l’HMF.....	9
8.3. Effet sur les propriétés physicochimique.....	10
8.3.1. Couleur.....	10
8.3.2. Cristallisation.....	10
8.4. Effet sur les propriétés biologiques.....	11
8.4.1. Activité antioxydante.....	11
8.4.2. Activité enzymatique.....	11
8.4.3. Activité antibactérienne.....	11

***Partie expérimentale***

***Matériels et méthodes***

<b>1. Echantillons de miel.....</b>	<b>12</b>
<b>2. objectif du travail.....</b>	<b>12</b>
<b>3. Analyse de quelques paramètres physico-chimique.....</b>	<b>12</b>
3.1. Couleur.....	12
3.2. HMF.....	12
3.3. Extraction des antioxydants.....	13
3.4. Dosage des antioxydants.....	13
3.4.1. Dosage des polyphénols.....	13
3.4.2. Dosage des flavonoïdes.....	13
3.4.3. Dosage des caroténoïdes.....	14
<b>4. Activité antioxydante.....</b>	<b>14</b>
4.1. Pouvoir réducteur.....	14
4.2. Activité antiradicalaire (DPPH).....	14

---

<b>5. Traitement thermique des échantillons</b> .....	15
---	----

*Résultats et discussion*

<b>1. Couleur</b> .....	16
<b>2. HMF</b> .....	16
<b>3. Dosage des agents antioxydants</b> .....	17
3.1. Polyphénols.....	17
3.2. Flavonoïdes.....	18
3.3. Caroténoïdes.....	19
<b>4. Activité antioxydante</b> .....	20
4.1. Pouvoir réducteur.....	21
4.2. Activité antiradicalaire.....	22
<b>5. conclusion</b> .....	23

Liste des figures

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>1</b>	Structure chimique du L'HMF	4
<b>2</b>	Formation de HMF dans le miel	10
<b>3</b>	Les échantillons de miel analysés	12
<b>4</b>	couleur des échantillons de miel.	16
<b>5</b>	Teneur en HMF des échantillons de miel.	17
<b>6</b>	Teneur en polyphénols des échantillons de miel	18
<b>7</b>	Teneur en flavonoïdes des échantillons de miel.	19
<b>8</b>	Teneur en caroténoïdes des échantillons de miel	19
<b>9</b>	Pouvoir réducteur des échantillons de miel	20
<b>10</b>	L'activité antiradicalaire des échantillons de miel.	21

**Liste des tableaux**

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>I</b>	teneur de quelques minéraux présents dans le miel	5
<b>II</b>	Activité antibactérienne du miel contre les bactéries provoquant une infection potentiellement mortelle pour l'homme	8

**Liste des abréviations**

Abs : absorbance

AlCl<sub>3</sub> : trichlorure d'Aluminium

DPPH : l'activité anti-radicalaire

EAA : équivalent d'acide gallique

ERO : espèces réactives de l'oxygène

EQ : équivalents quercitrine

F/G : fructose/glucose

FeCl<sub>3</sub> : chlorure ferrique

FeCl<sub>2</sub> : chlorure ferreux

HMF : Hydroxyméthylfurfural

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> : peroxyde d'hydrogène

K<sub>3</sub>Fe (CN) : ferricyanure de potassium

MRP : produits de la réaction de Maillard

ORAC : capacité d'absorption des radicaux oxygénés

PH : potentiel hydrogène

% piégeage : pourcentage de réduction de DPPH

TCA : acide trichloracétique

# ***Introduction***

Le miel est un aliment naturel aqueux dérivé du nectar des fleurs des abeilles mellifères (*Apis mellifera*), il se consomme à la fois comme source de nourriture et comme médicament, il se compose principalement de 80 % de sucres et de 20 % d'eau. D'autres constituants mineurs se trouvent également dans le miel tel que les enzymes, les acides aminés, les acides organique, les caroténoïdes, les vitamines et les minéraux. Il contient également une variété de flavonoïdes et d'acides phénoliques qui sont responsables de ses propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires (Afshari et al, 2022 ; Machado et al, 2020).

Le miel est une solution saturée de sucre, dont 70% sont des monosaccharides et 15% sont des disaccharides, mais cette quantité de sucres peut causer des problèmes de cristallisation (Naik et al, 2019). La granulation du miel entraîne des difficultés lors de la manipulation, le fractionnement et le versement, c'est pour cela, elle est souvent considérée comme indésirable par les consommateurs (Tappi et al, 2021).

Parmi les méthodes les plus courantes de prévention de la cristallisation du miel on cite le traitement thermique à haute température, mais cette procédure à des avantages comme des inconvénients sur la qualité du miel (Pasias et al, 2022)

Cette étude est menée dans le but d'estimer l'effet du traitement thermique sur la qualité du miel. Le travail réalisé est constitué de deux parties ;

- La première partie est consacrée aux généralités sur le miel et un aperçu sur les effets du traitement thermique sur sa qualité.
- La seconde concerne l'approche expérimentale qui a pour but d'évaluer :
  - En premier lieu d'analyser quelques paramètres physico-chimiques (couleur, HMF, polyphénols, flavonoïdes et caroténoïdes du miel, ainsi que son activité antioxydante (pouvoir réducteur et l'activité anti radicalaire)
  - En deuxième lieu, l'effet du traitement thermique sur ces paramètres

*Synthèse  
bibliographique*

## **1. Définition du miel**

Le miel est une substance sucrée naturelle produite par les abeilles à partir du nectar ou du miellat ou des excréments des insectes. (Codex Alimentarius, C, 2001). Par conséquent, le miel est un produit 100% naturel. Le travail de l'apiculteur consiste à fournir aux abeilles des conditions favorables, de récolter le miel et de le conserver correctement (Lequet, 2010).

## **2. Origine du miel**

Il existe deux grandes variétés de miel, distinguées en fonction de leur origine : miel de nectar (miel de fleurs) et miel de miellat (miel de forêt) (Schivre, 2006).

### **2.1. Le nectar**

Le nectar est un liquide sucré sécrété par des organes glandulaires des végétaux à fleurs appelés nectaires, on distingue deux types : les nectaires floraux ou extra-floraux (Adam et *al*, 2007). La production du nectar dépend de l'âge, de la taille, de l'emplacement de la ruche, de l'humidité relative, de l'air, de la période de floraison, de l'espèce de la fleur et de son environnement (Sanz, 2005). Il contient environ 80% de sucres, les plus courants étant le saccharose, le glucose et le fructose. Il contient également des acides organiques (acide fumarique, succinique, oxalique...etc.) des protéines, notamment des enzymes, des acides aminés libres, et des composés inorganiques (Desmoulière, 2013)

### **2.2. Le miellat**

Le miellat est une substance sucrée plus complexe que le nectar recouvrant les feuilles de certaines plantes (Darigol, 1979). C'est un liquide sécrété par des hémiptères, principalement des pucerons ou des cochenilles, qui piquent le végétal grâce à un appareil buccal piqueur suceur et se nourrissent de leur sève en rejetant la matière sucrée sous forme de gouttelettes sur les feuilles que les abeilles rapportent à la ruche (Gonnet, 1982 ; Bogdanov et *al*, 2008)

## **3. Composition du miel**

La composition du miel varie principalement en fonction de la source florale, cependant les facteurs saisonniers, environnementaux sont aussi importants.

### **3.1 Les glucides**

Il existe trois types de sucres dans le miel. Il s'agit du fructose, qui est parmi les plus élevés (41%), glucose (34%) et le saccharose (1% et 2%) (Cummings et *al.*, 2007). Le rapport d'un type de sucre à l'autre dépend de la source, c'est-à-dire les prairies fleuries, et dans une certaine mesure, l'invertase enzymatique, qui dégrade le saccharose. Cette enzyme est située

dans la fleur d'où les abeilles récoltent le nectar, mais elle se retrouve également dans l'organisme de l'abeille (Di Pasquale et *al.*, 2013).

### **3.2. L'eau**

La teneur en humidité du miel est un aspect qualitatif qui détermine la capacité du miel à conserver sa fraîcheur et à résister à une éventuelle fermentation par des levures. Le miel brut peut avoir une teneur en eau inférieure à 14 % (Hatjina et *al.*, 2014). Une faible teneur en eau est souhaitable car le miel peut commencer à fermenter et perdre sa fraîcheur lorsque la teneur en eau du miel dépasse 20 % (Maughan, 2002).

### **3.3. Les lipides**

Le miel contient 1 à 2 % en poids de lipides (Roulston et *al.*, 2000). Parmi ces derniers, figurent les acides gras essentiels, les lipides neutres tels que les glycérides, les acides gras libres, les stérols, les esters de stérols et les hydrocarbures (Szczesna, 2006 ; Dobson, 1988)

### **3.4. Les vitamines**

Elles sont présentes dans le miel en petites quantités en particulier le complexe vitaminique B (B1, B2, B3, B5, B6, B8H et B9) et la vitamine C qui est présente dans presque tous les types de miel (Missio et *al.*, 2016).

### **3.5. Les acides aminés et protéines**

Les protéines sont introduites dans le miel à partir du nectar et du pollen en tant que partie intégrante des plantes. Les protéines du miel peuvent se présenter sous la forme d'une structure très complexe ou sous la forme de composés simples, d'acides aminés (Alvarez et *al.*, 2013). La teneur en acides aminés et en protéines est relativement faible, jusqu'à 0,7%. Le miel contient pratiquement tous les acides aminés d'importance physiologique. L'acide aminé principal est la proline qui est une mesure de la maturation du miel. Le contenu en proline des miels normaux doit être supérieur à 200 mg/kg. Des valeurs inférieures à 180 mg/kg signifient que le miel est fraudé par l'ajout de sucre (Bogdanov, 2009).

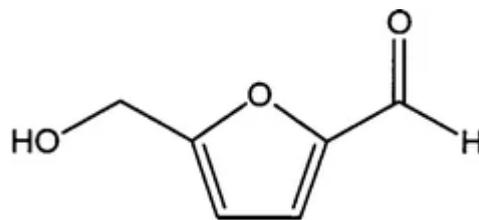
### 3.6 Les composés aromatiques et phénoliques

Les composants volatils du miel sont les substances responsables de l'arôme du miel. Selon Bogdanov et *al.*, (2002), la plupart des composés volatils sont probablement dérivés de la plante, mais certains d'entre eux sont ajoutés par les abeilles, A ce jour, environ 600 composés ont été caractérisés dans différents miels. Les acides phénoliques et les polyphénols sont des composés phytochimiques d'origine végétale. Ces composés ont été utilisés comme marqueurs chimio taxonomiques en systématique végétale. Ils ont été suggérés comme marqueurs possibles pour déterminer l'origine botanique du miel (Bogdanov et *al.*, 2004). Les miels foncés contiennent plus de dérivés d'acide phénolique mais moins de flavonoïdes que les miels clairs (Gheldof et *al.*, 2002).

### 3.7. L'HMF (Hydroxyméthylfurfural)

L'HMF est un composé organique hétérocyclique à six carbones contenant à la fois des groupes fonctionnels aldéhyde et alcoolique (hydroxyméthyle) (Lichtenthaler, 2002). L'anneau structural est concentré autour des unités de furane tandis que deux groupes fonctionnels, à savoir les groupes formyle et hydroxyméthyle H, sont attachés aux deuxième et cinquième positions, respectivement (figure1) (Shapla et *al.*, 2018).

L'HMF est un produit de dégradation du fructose (l'un des principaux sucres du miel) qui se forme lentement et naturellement lorsque le miel est stocké ou lorsqu'il est chauffé. La quantité d'HMF contenue dans le miel est une référence pour déterminer son degré de fraîcheur (DaSilva et *al.*, 2016). Selon le Codex Alimentarius (2001), la limite autorisée pour ce composé est de 40mg / kg.



**Figure 1** : Structure chimique du HMF (Tosi et *al.*, 2004)

### 3.8. Les minéraux et oligo-éléments

Le miel contient des quantités variables de minéraux. L'élément principal du miel est le potassium, en plus de nombreux autres éléments (tableau 1). Diverses études ont montré que la teneur en oligo-éléments du miel dépend principalement de l'origine botanique du miel.

(Mattoon, 1915). Bien que cette portion de miel ne représente pas une grande quantité, les minéraux contenus dans le miel s'ajoutent à une valeur nutritionnelle. Les minéraux les plus retrouvés dans le miel sont le potassium, chlore, soufre, calcium, sodium, phosphore, magnésium, silicium, fer, manganèse et cuivre. Avec une valeur moyenne, les miels foncés sont plus riches en minéraux que les miels clairs. Bien sûr, on peut trouver des espèces plus sombres plus pauvres que certaines espèces plus claires (Aili et al., 2014).

**Tableau I** : teneur de quelques minéraux présents dans le miel (Aili et al, 2014).

<b>Minéraux</b>	<b>Quantité moyenne en mg dans 100g de miel</b>
Calcium	4-30
Chlore	2-20
Cuivre	0,01-0,1
Fer	1-3,4
Magnésium	0,7-13
Phosphore	2-60
Potassium	10-470
Sodium	0,6-40
Zinc	0,2-0,5

### **3.9. Les acides organiques**

La plupart des acides organiques du miel proviennent du nectar de fleurs ou de transformation effectuée par les abeilles. Il existe également une vingtaine d'acides organiques, tels que les acides acétique, citrique, lactique, malique, oxalique, butyrique Pyroglutamique et l'acide succinique. D'autres composées, les lactones dont la présence est constante, ont également une fonction acide (Pham-Délègue, 1999).

### **3.10. Les enzymes**

D'origine végétale (nectar) ou animal (abeilles), les enzymes les plus retrouvées dans le miel sont la gluco-invertase qui est responsable de l'hydrolyse des disaccharides, et les amylases  $\alpha$  et  $\beta$  qui permettent la dégradation de l'amidon, une phosphatase, des enzymes

acidifiantes et une glucoseoxydase (Bonté et *al.*, 2013). La présence ou l'absence de ces enzymes thermolabiles peut servir d'indicateur de sur chauffage du miel (Hoyet, 2005).

## **4. Propriété physico-chimique**

### **4.1. La viscosité**

La viscosité du miel varie en fonction de la température, l'humidité et l'origine botanique. Il a été constaté que la viscosité du miel de pin et de sapin était significativement plus élevée que la viscosité du miel de thym, de peuplier, d'hélianthus et de fleur d'oranger à la même température et humidité (Yanniotis et *al.*, 2006).

### **4.2 La densité**

La densité relative (gravité spécifique) et la teneur en humidité sont corrélées et sont utilisées comme mesure de l'adultération dans le miel. À mesure que la teneur en eau du miel augmente, la densité relative diminue. (Kamal et *al.*, 2002 ; Ahed et *al.*, 2016).

### **4.3. La couleur**

La couleur est la première qualité attractive du miel, elle est très importante pour la commercialisation et l'acceptation des consommateurs. Il existe plusieurs couleurs du miel qui peut varier d'un ton clair à un ton presque noir, les plus courants étant le jaune vif, le rougeâtre ou le verdâtre (da Silva, 2016). La couleur du miel est un paramètre indiquant la présence de pigments ; elle est influencée par la composition du nectar, son origine botanique, la température et la durée de conservation (Becerril-Sánchez, 2021).

### **4.4. La cristallisation**

La cristallisation du miel et la taille des cristaux qui en résultent, dépendent de plusieurs facteurs, tels que le rapport fructose/glucose (F/G), la teneur en humidité et en dextrine, l'activité de l'eau, la présence de microcristaux, l'âge, la température et la durée de stockage (Bogdanov, 1993 ; Manikis et Thrasivoulou, 2001). Le miel est connu pour se cristalliser plus rapidement lorsqu'il contient plus de glucose (280-300 g/kg de miel) (Bogdanov, 1993) et un rapport glucose/humidité supérieur ou égal à 2,1 (White *et al.*, 1962), un rapport fructose/glucose inférieur à 1,14 (White, 1975). Le miel cristallisé semble opaque et cireux. Bien que cela puisse être considéré comme un bon indicateur de qualité pour certains consommateurs, ce n'est pas acceptable pour d'autres, qui préfèrent que le miel soit fluide et/ou transparent. De plus, la cristallisation rend le déversement difficile.

### **4.5. La conductivité électrique**

La conductivité électrique du miel est le résultat des minéraux ou des cendres totales, des acides organiques et des protéines contenues dans le miel. Plus leur teneur est élevée, plus la conductivité résultante est élevée. Ce paramètre est souvent inclus dans l'analyse régulière de la qualité du miel. La conductivité est souvent utilisée pour caractériser l'origine botanique du miel. En effet, il existe une corrélation significative avec la teneur en minéraux (cendres) (Lazarević *et al*, 2010)

## **5. Propriété biologique**

### **5.1. L'activité antioxydante**

Les antioxydants sont des molécules capables de donner un électron aux radicaux libres dérivés de l'oxygène, également connus sous le nom d'espèces réactives de l'oxygène (ERO), elles peuvent neutraliser, diminuer ou éliminer leur capacité à endommager les cellules et les principales biomolécules telles que les acides nucléiques, les protéines et les lipides (lobo *et al*, 2010).

Les composants du miel responsables de son effet antioxydant sont les flavonoïdes, acides phénoliques, acide ascorbique, catalase, peroxydase, caroténoïdes et produits de la réaction de Maillard (Bertoncelj *et al*, 2007). Vallianou *et al*, (2014) ont rapporté que le miel foncé avait une teneur plus élevée en composés phénoliques totaux et, par conséquent, une capacité antioxydante plus élevée

### **5.2. L'activité antimicrobienne**

Le miel est un agent antimicrobien puissant. Divers composants contribuent à l'activité antibactérienne du miel : la teneur en sucre, les composés polyphénoliques, le peroxyde d'hydrogène, et la défensine-1 d'abeille. Tous ces éléments sont présents à des concentrations différentes selon la source du nectar (Almasaudi, 2021).

Les agents antimicrobiens du miel sont majoritairement le peroxyde d'hydrogène qui est généré lorsque le miel est dilué, en raison de l'activation de l'enzyme glucose oxydase synthétisée par l'abeille qui oxyde le glucose en acide gluconique et  $H_2O_2$  (Weston, 2000 ; Bang *et al*, 2003). L'acidité du miel (pH 3,2 à 4,5) et son osmolarité élevée inhibe également la croissance bactérienne et de nombreux organismes pathogènes (Tableau II) (Pieper, 2009).

### **5.3. Les propriétés thérapeutiques**

Le miel est un remède contre les plaies infectées qui a été redécouvert par la médecine (French *et al*, 2005). Il est utilisé depuis l'Antiquité pour accélérer la cicatrisation des plaies et son potentiel de guérison a été démontré à plusieurs reprises (Molan, 2006 ; Simon *et al*, 2008 ; Van den Berg *et al*, 2008). Le miel est de plus en plus utilisé pour traiter les ulcères, les

## Synthèse bibliographique

escarres et autres infections cutanées dues aux brûlures et aux plaies (Cooper et al, 2002 ; Cooper et al,2002). Les propriétés cicatrisantes du miel sont attribuées à ses propriétés antibactériennes, au maintien d'un environnement de la plaie humide qui favorise la cicatrisation et à sa viscosité élevée qui aide à construire une barrière protectrice contre les infections (Lusby et al, 2005).

**Tableau II :** Activité antibactérienne du miel contre les bactéries provoquant une infection potentiellement mortelle pour l'homme (Manisha et al, 2011).

Souche bactérienne	Importance Clinique
<i>Proteus spp</i>	Septicémie, infections urinaires, infections de plaies
<i>Serratiamarcescens</i>	Septicémie, infections des plaies
<i>Vibriochoerae</i>	Choléra
<i>S. aureus</i>	Infection communautaire et nosocomiale
<i>E. coli</i>	Infection des voies urinaires, diarrhée, septicémie, infection des plaies
<i>P. aeruginosa</i>	Infection de plaie, ulcère du pied diabétique, Infections urinaires
<i>S. maltophilie</i>	Pneumonie, infection des voies urinaires, bactériémie, infection nosocomiale
<i>A. schubertii</i>	Infection de brûlure
<i>H. pylori</i>	Gastrite chronique, ulcère peptique, tumeurs malignes gastriques
<i>Salmonella enterica sérovarTyphi</i>	Fièvre entérique
<i>Mycobacteriumtuberculosis</i>	Tuberculose

## 6. Conservation du miel

Le stockage du miel a pour but de préserver sa qualité, ce qui est tout à fait possible pendant des années. Mais comme la plupart des aliments, il peut subir des modifications de ses propriétés physiques et chimiques au fil du temps. Le miel doit être conservé au sec et à l'abri de la lumière en dessous de 16 degrés, à l'exception du miel liquide à température ambiante Comme limite, il doit maintenir la teneur en eau en dessous de 21 % (Hoyet, 2005). Selon le

Codex Alimentarius (2001), la présence d'une grande quantité d'eau favorise la prolifération des micro-organismes responsables de l'action fermentative.

## **7. Authenticité**

La rareté et la cherté du miel ont accru l'intérêt pour sa falsification, (Da Silva *et al*, 2016). En général la falsification du miel consiste à ajouter du saccharose qui ne dépasse pas 1% sa matière sèche, nourrissent des abeilles avec du saccharose, et l'ajout de fructose ou de glucose industriel (Puscas *et al*, 2013).

## **8. Effet du traitement thermique sur la qualité du miel**

### **8.1. La réaction de Maillard**

Lors du traitement thermique, le miel subit des modifications sur sa qualité physicochimique, L'une des modifications est le brunissement non enzymatique dû à la réaction de Maillard qui se produit lorsque les sucres se condensent avec des acides aminés libres (Turkmène *et al*, 2006). Le miel est une excellente matrice dans laquelle la réaction de Maillard peut avoir lieu lors de son chauffage car il est riche en monosaccharide (glucose et fructose environ 75 %) (Qu *et al*, 2023). La réaction de Maillard est induite par différents facteurs tels que l'activité de l'eau, le pH initial, le groupe amino, l'oxygène, la température et le temps de chauffage. De nombreuses études ont rapporté que les produits de la réaction de Maillard agissent comme des agents antioxydants et antibactériens (Alaerjani1 *et al*, 2022).

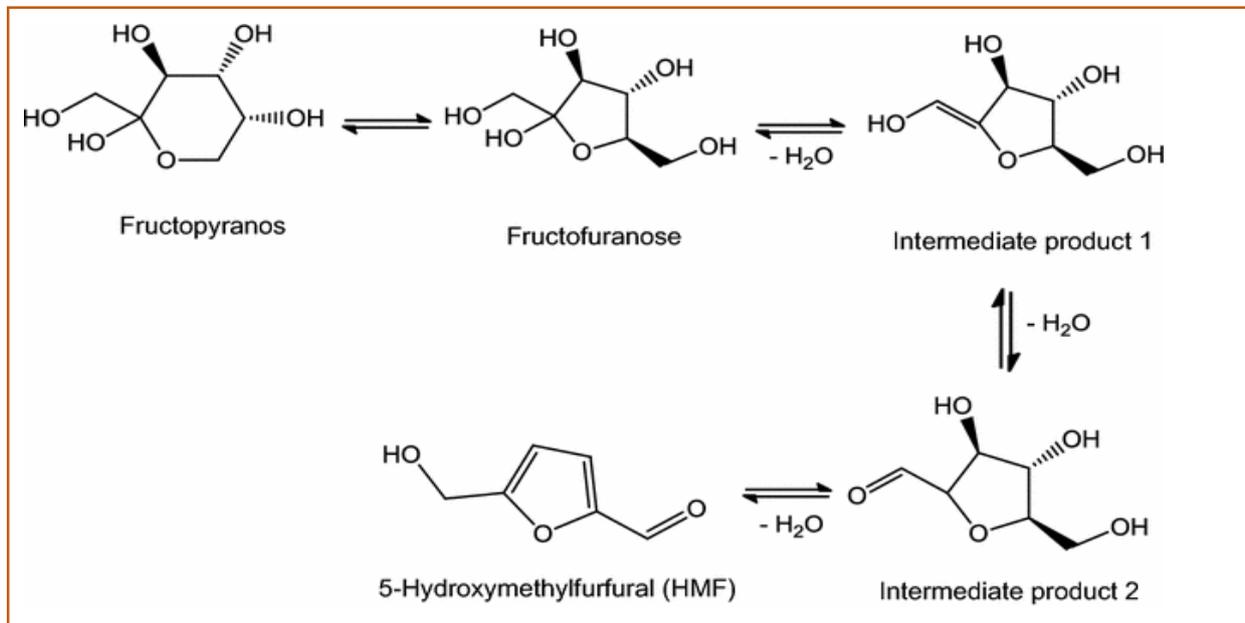
### **8.2. Effet sur la composition**

#### **8.2.1. Production de l'HMF (hydroxyMethylFurfural)**

L'hydroxyméthylfurfural (HMF) est produit par déshydratation catalysée par un acide de l'hexose (figure 2). Le miel frais est pratiquement exempt d'HMF et sa formation est influencée par plusieurs facteurs, notamment la température et le temps de chauffage, les conditions de stockage, le pH et la source florale à partir de laquelle le miel a été extrait (Rahima, 2013 )

L'effet du traitement thermique sur la teneur en HMF du miel a été rapporté par Tosi *et al*. (2004). Selon ces auteurs, la cinétique de formation de HMF est indépendante de la concentration initiale de HMF dans le miel. Ils ont également signalé que la combinaison du temps et de la température pendant le traitement thermique est très importante pour maintenir

la teneur en HMF en dessous de la limite maximale autorisée. Une augmentation de la teneur en HMF dans les échantillons soumis à un prétraitement thermique et ultrasonique a été signalée par Chaikham *et al.* (2016),



**Figure 2** : Formation de HMF dans le miel (Shapla *et al.*, 2018)

### 8.3. Effet sur les propriétés physicochimiques

#### 8.3.1. La couleur

Le développement de la couleur du miel au cours du traitement thermique pourrait être lié à la réaction de Maillard ou à la caramélisation du fructose (Turkmen *et al.*, 2006). Ces réactions impliquent des modifications chimiques non enzymatiques de brunissement, aboutissant à la formation de divers pigments bruns (Ajlouni *et al.*, 2010)

#### 8.3.2. La cristallisation

Le miel cristallisé peut facilement être fondu sans perte de qualité, son point de fusion varie entre 40°C et 50°C selon sa composition en sucre (Hájek ,2023).

Le traitement thermique est le procédé conventionnel accepté pour empêcher ou ralentir la cristallisation du miel. Le processus de liquéfaction à une température 55°C et le processus de pasteurisation sont les deux étapes utilisées dans l'industrie du miel pour conserver le miel à l'état liquide pendant une période prolongée (Ramlan *et al.* ,2021).

## **8.4. Effet sur les propriétés biologiques**

### **8.4.1. Activité antioxydante**

Il est bien connu qu'une perte importante d'antioxydants naturels peut se produire pendant le traitement thermique, car la plupart des composés bioactifs sont relativement instables à des températures élevées. De plus, de nouveaux composés aux propriétés antioxydantes, comme les produits de la réaction de Maillard, peuvent être formés par traitement thermique. (Choi *et al.*, 2006). Brudzynski *et al.* (2011b) ont révélé une plus forte corrélation entre l'ORAC et les produits réactifs de Maillard

### **8.4.2. Activité enzymatique**

Des températures élevées peuvent inactiver les enzymes (Whitehurst *et al.*, 2001). Chaque type de miel contient plusieurs types d'enzymes. L'une des enzymes les plus importantes du miel est la diastase, qui peut cliver les liaisons glycosidiques dans les oligo-et polysaccharides. L'activité de cette enzyme diminue avec les périodes de stockage et de chauffage. L'activité diastasique peut être mesurée et représentée par l'indice de diastase (Hooper, 1983). Ces enzymes sont sensibles à la chaleur et sont utilisées comme indicateurs de la qualité du miel (Subramanian *et al.*, 2007).

### **8.4.3. Activité antibactérienne**

Le miel est un produit antiseptique traditionnel et précieux aux propriétés bactéricides, fongicides et virucides prouvées. Il a une activité à large spectre contre les bactéries Gram-positives et négatives (Majkut *et al.*, 2021). Divers facteurs sont impliqués dans l'effet antibactérien du miel. Le principal composant antimicrobien de la plupart des miels est le peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ), qui est produit par l'enzyme glucose oxydase dérivée des abeilles (White *et al.*, 1963). Les composés phénoliques et les produits de la réaction de Maillard (MRP) sont impliqués dans l'activité antibactérienne. Il a été démontré que les polyphénols et les flavonoïdes extraits du miel inhibent la croissance bactérienne (brudzynski *et al.*, 2011).

*Matériel et  
méthodes*

## **Matériels et méthodes**

### **1. Echantillons**

Pour la réalisation de cette étude, deux échantillons de miel (E1 et E2) ont été collectés auprès des apiculteurs de la wilaya de Béjaia (Boukhlifa et Feraoun) (figure 3).



**Figure 3 :** Les échantillons de miel analysés

### **2. Objectif du travail**

Le but de l'étude réalisée sur le miel est le suivi de la teneur en HMF, des polyphénols, des flavonoïdes, et de l'activité anti-oxydante (pouvoir réducteur et l'activité anti-radicalaire (DPPH)) du miel.

### **3. Analyse de quelques paramètres physico-chimiques**

#### **3.1. Couleur**

Selon la méthode rapportée par Ferreira et *al.* (2009).une solution de miel est préparée à 50% avec de l'eau distillée. La solution est ensuite filtrée à travers un papier filtre et l'absorbance est mesurée à 635 nm

#### **3.2. HMF**

La valeur de l'HMF a été mesurée selon la méthode spectrophotométrique de White (1975). 5g de miel ont été dilués avec 25 ml d'eau distillée. Ensuite, 0,5 ml de solution Carrez 1(hexacyanoferrate de potassium à 15%) et 0,5 ml de solution Carrez 2 (acétate de zinc à 30%)

ont été ajoutés à la solution de miel. Le volume est ajusté à 50 ml avec de l'eau. Après filtration, les 10 premiers ml du filtrat sont écartés, puis 5 ml du filtrat ont été ajoutés 5ml d'eau distillé Pour constituer le tube d'analyse. D'autre part 5 ml du filtrat sont ajoutés à 5 ml de bisulfite de sodium (NaHSO<sub>3</sub> 0,2%) pour constituer le tube de référence. Après une agitation, l'absorbance a été lue à 284 et 336 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. La teneur en HMF est calculée selon l'équation suivant :

$$\text{HMF (mg/kg)} = (\text{Abs}_{284} - \text{Abs}_{336}) \times 149,7 \times 5 / \text{poids de l'échantillon}$$

Abs<sub>284</sub> : Absorbance à 284 nm,

Abs<sub>336</sub> : Absorbance à 336 nm

149,7 est la constante

### 3.3. Extraction des antioxydants

L'extraction est faite avec un solvant organique (méthanol 50%). 4g de miel ou de mélange sont ajoutés à 20ml de solvant, après 20min d'agitation, le mélange est filtré à l'aide d'un papier filtre, puis le filtrat est conservé au frais dans des flacons en plastique.

### 3.4 Dosage des antioxydants

#### 3.4.1. Dosage des polyphénols

La détermination du contenu en polyphénol totaux est déterminée spectrophotométriquement selon la méthode de Boussaid et *al.* (2014), en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu. Un volume de 1ml de la solution de miel est mélangé avec 1 ml du réactif de folin-Ciocalteu (dilué dix fois avec l'eau distillée). Puis, 1 ml de carbonate de sodium à 2% sont ajoutés. Après 20 min d'incubation, la lecture de l'absorbance est faite à 720 nm. Les résultats sont exprimés en milligramme équivalents d'acide gallique /100 g d'échantillon (mg EAG/100g) MF.

#### 3.4.2. Dosage des flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes totaux a été effectué par la méthode du trichlorure d'Aluminium (AlCl<sub>3</sub>) décrite par (Bahorum et *al.*, 1996). 1 ml de chaque extrait de miel est mélangé avec 2 ml de trichlorure d'aluminium (AlCl<sub>3</sub> 2% dans l'eau distillée. Après incubation à une température ambiante pendant 30 min, l'absorbance du mélange est lue avec un

spectrophotomètre à une longueur d'onde de 415 nm. Les concentrations en flavonoïdes sont estimées en se référant à une courbe d'étalonnage établie avec la quercétine ; elle est exprimée en mg équivalents quercétine /100g d'échantillons (mg EQ/100g) MF.

### **3.4.3. Dosage des caroténoïdes**

La quantité des caroténoïdes est déterminée selon la méthode de Sass-Kiss *et al.* (2005). 20ml d'un mélange Hexane, Ethanol et Acétone (2, 1, 1) sont ajoutés à 4g d'échantillon. Après 3 heures d'agitation, l'absorbance de la phase Hexanique est lue à 415nm. La concentration des caroténoïdes est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée par la  $\beta$ -carotène/ 100 g d'échantillon (mg E $\beta$ C /100g) MF.

## **4. Activité antioxydante**

### **4.1. Le pouvoir réducteur**

La méthode du pouvoir réducteur repose sur la réduction du chlorure ferrique (FeCl<sub>3</sub>) en chlorure ferreux (FeCl<sub>2</sub>) en présence d'hexacyanoferrate de potassium (K<sub>3</sub>Fe (CN) <sub>6</sub>), et en milieu acidifié grâce à l'acide trichloracétique (TCA). Cette réduction donne une couleur verte, et l'intensité de cette dernière est proportionnelle au pouvoir réducteur (Gülçin *et al.*, 2005).

Le pouvoir réducteur est estimé selon la méthode de Gülçin *et al.*, (2005). Un volume de 1 ml d'extrait est mélangé avec 2,5 ml du tampon phosphate (0,2 M, pH=6,6) et 2,5 ml de ferricyanure de potassium (K<sub>3</sub>Fe (CN) <sub>6</sub>) (1%) après agitation le mélange est incubé pendant 20 min à 50°C, 2,5ml d'acide trichloracétique TCA (10%) sont ajoutés, ensuite 1,25 ml du mélange obtenu est prélevé pour lui rajouté 1,25 ml d'eau distillée et 0,25 de chlorure ferrique FeCl<sub>3</sub> (0,1%), après 10min d'incubation, l'absorbance est mesurée à 700 nm. Le pouvoir réducteur est déterminé en se référant à une courbe d'étalonnage préparée avec l'acide gallique, et les résultats sont exprimés en milligramme équivalent d'acide gallique par 100g d'échantillon (mg EAA/100g).

### **4.2. Activité antiradicalaire (DPPH)**

La détermination du pouvoir antiradicalaire est basée sur la diminution de l'absorbance quand le radical libre 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl (DPPH), réagit avec un antioxydant (**Meda *et al.*, 2005**). la présence des radicaux DPPH donne lieu à une coloration violette foncée, qui absorbe aux environ de 515 nm. La réaction des radicaux DPPH avec un agent antioxydant entraîne une décoloration de la solution (**Marek Kus *et al.*, 2014 ;Shahidi *et al.*, 2015**)

Le pouvoir antiradicaaire est mesuré selon la méthode décrite par Marek Kus et *al.* (2014). Un volume de 1 ml de solution de miel est mélangé avec 1 ml de la solution DPPH. Après incubation à une température ambiante pendant 10 min, Un témoin est réalisé en parallèle en remplaçant l'échantillon par le méthanol (50%). L'absorbance est lue à 515 nm et le pourcentage de réduction de DPPH (% piégeage) est calculé comme suit :

$$\% \text{ piégeage} = \frac{(Abs_T - Abs_E) \times 100}{Abs_T}$$

$Abs_T$  : Absorbance du témoin.

$Abs_E$  : Absorbance de l'échantillon.

### 5. Traitement thermique des échantillons de miel

Les échantillons de miel ont subi un traitement thermique à deux températures différentes (70°C et 100°C) pendant une heure, les échantillons ont été stockés à une température ambiante jusqu'à leurs analyses. Les paramètres analysés avant et après traitement sont la couleur, l'HMF, les polyphénols, les flavonoïdes, les caroténoïdes, l'activité antiradicalaire (DPPH) et le pouvoir réducteur.

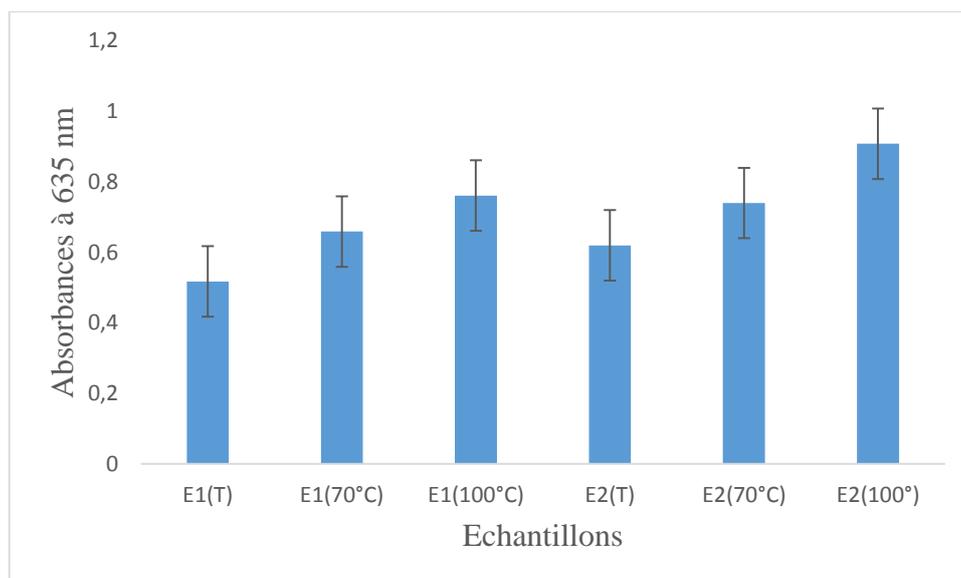
# *Résultats et discussion*

## 1. Couleur

La couleur du miel issu du nectar varie du blanc ou jaune pâle, tandis que celle des miellats varie du rouge foncée ou noire (**Visquert, 2014**).

Les résultats de la couleur des miels analysés (figure 4) sont de 0,61 pour le miel E2 (Feraoun) et de 0,51 pour le miel E1 (Boukhlifa). Ces résultats présentent une différence par rapport aux résultats obtenus par **Moniruzzaman et al, (2013)** et **Das et al, (2015)**, La couleur du miel est due aux pigments tels que les caroténoïdes et les flavonoïdes qui dépendent de l'origine botanique et géographique du miel (**Terrab et al, 2003**).

Le chauffage à des températures (70°C et 100°C) pendant 1heure a provoqué une intensification très prononcée de la couleur des échantillons, donc l'assombrissement de la couleur qui est dû à la caramélisation des sucres et à l'apparition de pigments bruns issus du brunissement non enzymatique (**Toor et al, 2006 ; Turkmen et al, 2006**).

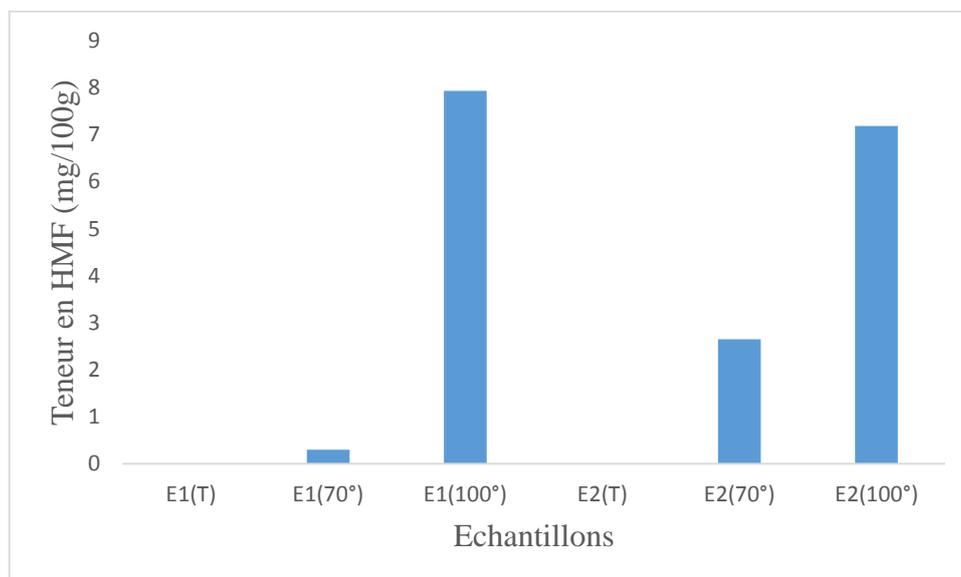


**Figure 4 :** couleur des échantillons de miel.

## 2. HMF

La teneur en HMF est largement reconnue comme un paramètre de la fraîcheur du miel, car n'a pas été détecté dans les miels frais contrairement à ceux trouvés par **Eshète et al. (2019)** qui sont de 5 mg/kg à 30mg/kg (Figure 5). Cette différence pourrait être attribuée à la variation de plusieurs facteurs comme les conditions de stockage, le pH et la source florale (**Fallico et al., 2004**).

L'échantillon traité par le chauffage à 70°C n'a pas provoqué une augmentation significative du taux de l'HMF en comparaison à 100°C, ou l'on constate une élévation significative de la teneur en ce composé. Ces résultats sont similaires à ceux de **Turhan *et al.*, (2008)**. Cette augmentation est due à la dégradation du sucre du miel par la réaction Maillard.



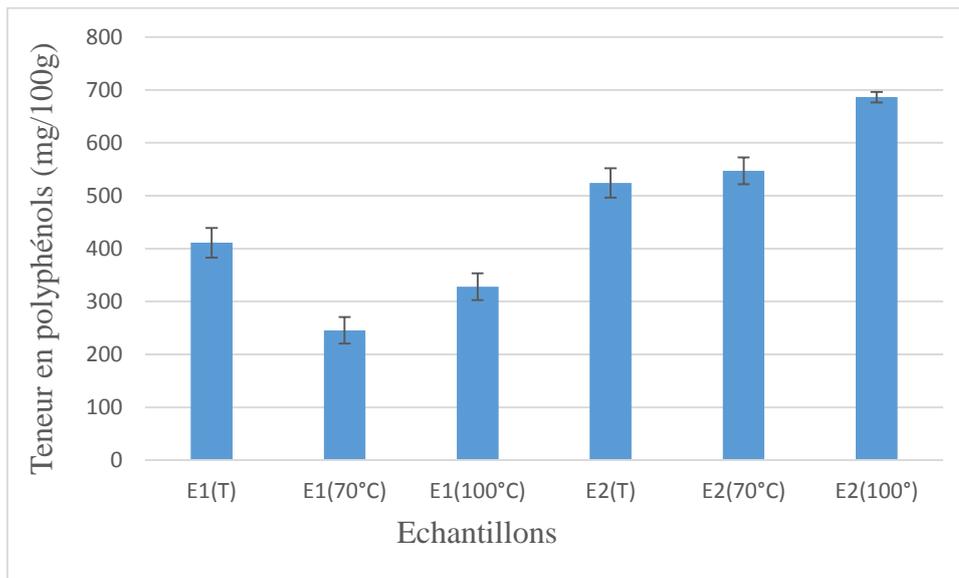
**Figure 5 :** Teneur en HMF des échantillons de miel.

### 3. Dosage des agents antioxydants

#### 3.1. Polyphénols

Les résultats obtenus pour les échantillons du miel analysé (figure 6) montrent que la concentration en polyphénols diffère d'une manière significative, (524,24 mg/100g) pour E2 et de (686,40 mg/100) pour E1, ces valeurs sont différentes de celles trouvées par **Khalil *et al.*, (2012)** [411,10 mg/100g à 498,16 mg/100g], cette différence est étroitement liée à la localisation géographique et l'origine botanique du miel (**Kavanagh *et al.*, 2019**).

Le traitement thermique a provoqué une augmentation de la teneur en polyphénol pour le miel E2, ceci peut être expliqué par la libération des composés phénoliques après traitement thermique par décomposition des structures supramoléculaires (**Aydogan *et al.*, 2020**). Concernant l'échantillon E1, une diminution de la teneur en polyphénols a été constatée, ceci peut être expliqué par la polymérisation et/ou la combinaison des polyphénols avec d'autres molécules (acides aminés, les peptides et les protéines) (**Marqués *et al.*, 2006**).

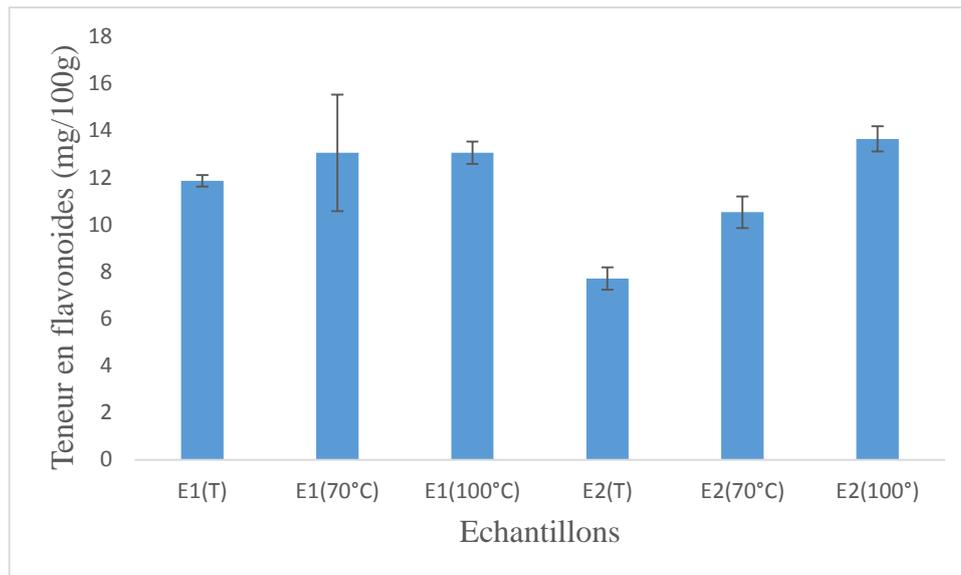


**Figure 6 :** Teneur en polyphénols des échantillons de miel

### 3.2. Flavonoïdes

Les résultats obtenus pour la teneur en flavonoïdes des échantillons de miel (figure 7) sont de 7,70 mg/100g pour E2 et de 11,86 mg/100g pour E1, ces résultats sont inférieurs à ceux obtenus par **Pauliuc et al, (2020)** [17,4 mg/100g et 33,5 mg/100g], cette variation dépend de la source florale, de la région, de la saison et du site de collecte (**Cesksteryte et al,2006**).

Le traitement effectué sur les échantillons à un effet sur la teneur en flavonoïdes, cela peut être expliqué par la stabilité des flavonoïdes lors du traitement thermique. **Kenjeric et al, (2007)** ont rapporté que les flavonoïdes sont des composés relativement stables, résistants à la chaleur, à l'oxygène et aux degrés modérés d'acidité.

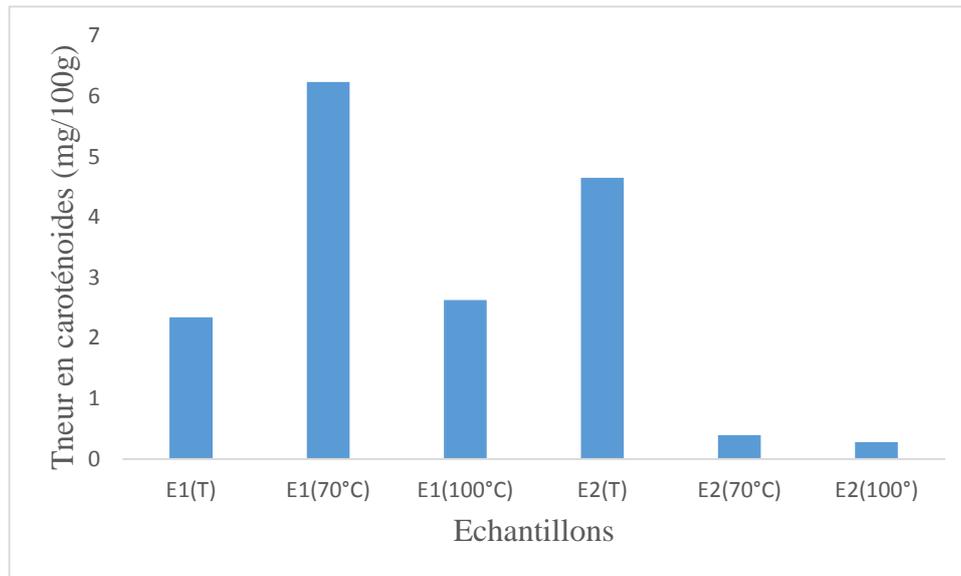


**Figure 7 :** Teneur en flavonoïdes des échantillons de miel.

### 3.3. Caroténoïdes

Les résultats obtenus pour la teneur en caroténoïde des échantillons de miel (figure8) sont de 4,65 mg /100g (E2) et de 2,34 mg/100g (E1). Ces valeurs sont inférieures à celles trouvées par Ferreira et al, (2009) qui sont de [12,01mg/100g à 75,51]. Ces différences peuvent être attribuées au plusieurs facteurs tels que la méthode d'extraction (perte des caroténoïdes), l'origine géographique, la source florale et le degré de maturité des fruits butinés par les abeilles (Alvarez et al,2010).

Le traitement thermique a des effets significatifs sur la quantité des caroténoïdes, d'après les résultats des échantillons analysés, une diminution importante de la teneur est observée pour le miel E2, ceci peut être expliqué par la dégradation des caroténoïdes aboutissant à la formation des composés aromatiques (Ferreira et al, 2008).



**Figure 8 :** Teneur en caroténoïdes des échantillons de miel.

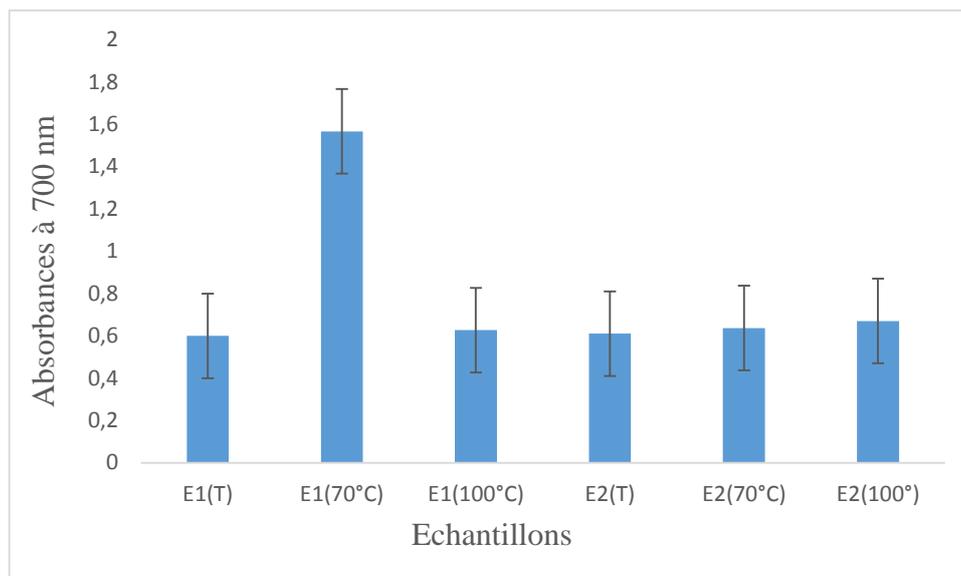
## 4. Activité antioxydant

### 4.1. Le pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur est défini comme étant la capacité d'un antioxydant à transférer un électron ou libérer un atome d'hydrogène (**Tuksitha *et al*, 2018**). La présence d'agents réducteurs dans les échantillons induit la réduction des ions  $Fe^{3+}$  en ions  $Fe^{2+}$  (**Mouhoubi *et al*, 2016**).

Les résultats des échantillons étudiés présentés (figure 9) sont de 0,61 (E2) et de 0,60 (E1). Ces valeurs sont cohérentes avec celle d'**Alvarez *et al*. (2010)**.

Les résultats obtenus pour les miels traités indiquent que le chauffage provoque une augmentation du potentiel réducteur est ces derniers, ceci peut être expliqué par la libération des groupements hydroxylés des flavonoïdes (**Mouhoubi, 2007**).



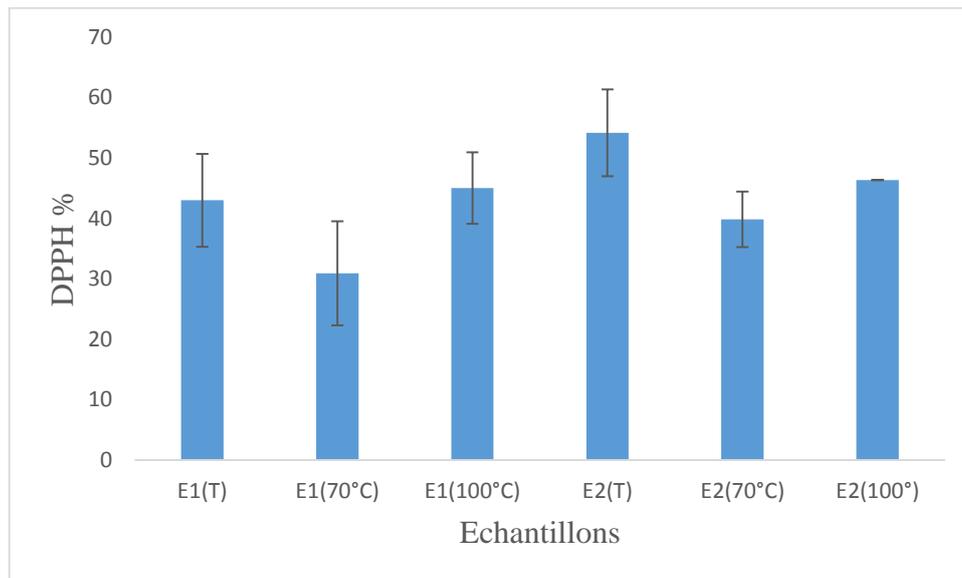
**Figure 9** : Pouvoir réducteur des échantillons de miel.

#### 4.1. L'activité antiradicalaire

L'activité antiradicalaire dépend de la structure des composés phénoliques contribuant à leur capacité à transférer des électrons et à donner des hydrogènes (**williams *et al*, 1995**).

Les valeurs de l'activité antiradicalaire des échantillons (figure 10) sont de 54,1% pour (E2) et de 43% pour (E1). Ces résultats sont presque similaires à ceux trouvés par **Bouyahia *et al*. (2017)**.

Les résultats obtenus pour les miels traités avec deux température montrent une variation de l'activité antiradicalaire (diminution puis une augmentation pour les deux échantillons), ceci peut être expliqué par la différence dans la teneur en polyphénols totaux (**Hogan *et al*, 2009**).



**Figure 10 :** L'activité antiradicalaire des échantillons de miel.

# *Conclusion*

La présente étude a pour but d'évaluer la qualité de deux types de miel de la wilaya de Bejaia avant et après le traitement thermique en se basant sur l'analyse de quelque paramètre physico-chimique (HMF, couleur), les antioxydants (polyphénols, flavonoïdes, caroténoïdes ) et l'activité antioxydantes (pouvoir réducteur, activité antiradicalaire).

Le traitement thermique sur les échantillons de miel à 70°C et 100°C pendant 60 min a provoqué des changements significatifs sur les paramètres de la qualité du miel comme nous montrent ci-dessous :

- L'augmentation de la teneur en HMF grâce à la dégradation du sucre du miel par la réaction Maillard.
- L'augmentation des pigments de la couleur, ceci est attribué aux produits formés au cours de la réaction Maillard et de caramélisation.
- La diminution de la teneur des polyphénols pour le miel E2, ceci peut être expliqué par la polymérisation et/ou la combinaison des polyphénols avec d'autres molécules (les acides aminés, les peptides...), et l'augmentation pour le miel E1 grâce à la décomposition des structures supramoléculaires. Tandis que les flavonoïdes restent stables.
- L'augmentation de pouvoir réducteur est expliquée par la libération des groupements hydroxylés des flavonoïdes.

Enfin, le traitement thermique appliqué sur les échantillons du miel a des effets néfastes sur les paramètres de la qualité et a provoqué des modifications qui sont dues à la détérioration du produit

Dans le but de compléter ce travail, il est intéressant :

- D'Etudier plusieurs échantillons
- De tester plusieurs températures de traitement

*Références  
bibliographiques*

## Référence

### A

**Adam A.P., Gallo E., Ouchfoun L. & Vuong P. 2007.** Le miel un nouvel antibiotique cutané sur le marché ? *Le point biologique*, revue.1 ; 35-40.

**Afshari A., Ram M., et Mohamadi S. 2022.** Évaluation de la qualité du miel iranien collecté dans la province de Khorasan, Iran. *Int J food sci.* 2022 :3827742.

**Ahed A., Khalid M. S. (2016).** Physico-chemical properties of multi-floral honey from the West Bank, Palestine, 447- 454.

**Aili SR, Touchard A, Escoubas P, et al. (2014).** Diversity of peptide toxins from stinging ant venoms. *Toxicon* 92: 166-178.

**Almasaudi S, (2021) :** Les activités antibactériennes du miel. *Saoudien J Biol Sci* :28(4) : 2188–2196.

**Alvarez-Suarez J, Giampieri F, Battino M.( 2013).** Honey as a source of dietary antioxidants: structures, bioavailability and evidence of protective effects against human chronic diseases. *Current medicinal chemistry* 20: 621-638.

**Alvarez-Suarez J . M., Tulipani , S., Bertoli , E. et Battino , M ., (2010).** Contribution of honey in nutrition and humain health : a review. *mediterranean journal of nutrition and metabolism* 3 : 15-23.

**Ajlouni S, Sujirapinyokul P (2010).** Hydroxymethylfurfuraldehyde and amylase contents in Australian honey. *Food Chem* 119 :1000– 1005.l'activité antioxydante et la couleur du miel. *Chimie alimentaire.* ; 95 : 653–657.

### B

**Bahorun T., Gressier B., Trotin F., Brunete C., Dine T., Vasseur J., Gazin J. C., Pinkas M., Luycky M. et Gazin M. (1996).** Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arzneimittel-Forschung* 46,1086-1089.

**Becerril-Sánchez AL, Quintero-Salazar B, Dublán-García O, Escalona-Buendia HB.(2021).** Composés phénoliques du miel et leur relation avec l'activité antioxydante, l'origine botanique et la couleur. *Ontioxydants*. 10(11) : 1700.

**Beretta G, Orioli M, Facino RM. (2007).** Antioxidant and radical scavenging activity of honey in endothelial cell cultures (EA. hy926) *Planta Med*.73:1182–9.

**Bertoncelj J, Doberšek U, Jamnik M, Golob T (2007).** Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. *Food Chemistry*; 105(2):822-828.

**Blanc M. 2010.** Propriétés et usage médical des produits de la ruche. Pp; 8/140.

**Bogdanov S. (2009).** Honey composition. *The honey book*: 27-36.

**Bogdanov, S. (1993).** Liquefaction of honey. *Apiacta XXVIII*, 4–10.

**Bogdanov S. Bieri K., Kilchenmann V.& Gallmann P. (2008).** Miels monofloraux suisses Ed. Centre de recherches apicoles, suisse, 55p.

**Bogdanov S, Martin P. 2002.** Honey authenticity. *Mitteilungen aus Lebensmitteluntersuchung und Hygiene* 93: 232-254.

**Bogdanov S, Ruoff K, Oddo LP. (2004).** Physico-chemical methods for the characterisation of unifloral honeys: a review. *Apidologie* 35 : S4-S17.

**Bonté, F., et Desmoulière, A. (2013).** Le miel : origine et composition. *Actualités Pharmaceutiques*, 52(531), 18–21.

**Boussaid, A., Chouaibi, M., Rezig, L., Hellal, R., Donsi, F., Ferrari, G. et Hamdi, S. (2014).** Physicochemical and bioactive properties of six honey samples various floral origins from Tunisia. *Arabia journal of chemistry, In Press*.11(2), 265–274.

**Brudzynski K., Miotto D. (2011b):** The relationship between the content of Maillard reaction-like products and bioactivity of Canadian honeys. *Food Chemistry*, 124 : 869–874

**Brudzynski K., Miotto D.(2011):** The relationship between the content of Maillard reaction-like products and bioactivity of Canadian honeys. *food chemistry* ;124: 869-874.

## C

**Codex Alimentarius Standard of honey. 2001.**

**Cummings JH, Stephen AM. 2007.** Carbohydrate terminology and classification. *European journal of clinical nutrition* 61: S5-S18.

**Cushnie TP, Lamb AJ.2005.** Antimicrobial activity of flavonoids. *Int J Antimicrob Agents*.26:343–56.

**Cooper RA, Molan PC, Harding KG. 2002.** Honey and gram positive cocci of clinical significance in wounds. *J Appl Microbiol*. 93:857–863.

**Cooper RA, Halas E, Molan PC. 2002.** The efficacy of honey in inhibiting strains of *Pseudomonas aeruginosa* from infected burns. *J Burn Care Rehabil*. 23:366–370.

**Chaikam P, Kemsawasd V, Apichartsrangkoon A. (2016).** Effects of conventional and ultrasound treatments on physicochemical properties and antioxidant capacity of floral honeys from Northern Thailand. *Food Biosci*. 15:19–26.

**Choi Y., Lee S.M., Chun J., Lee H.B., Lee J. (2006):** Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chemistry*, 99: 381–387.

## D

**Darigol J.L. 1979.** Le miel pour votre santé : propriété thérapeutique du miel, du pollen, de la gelée royale et de la propolis. Ed Dangles. France : p. 140.

**Da Silva PM, Gauche C, Gonzaga LV, et al. 2016.** Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food chemistry* 196: 309-323.

**Desmoulière.A.2013.** Le miel, de remarquables propriétés cicatrisantes. *Actualités pharmaceutiques*. n°531 :p17.

**Di Pasquale G, Salignon M, Le Conte Y et al. 2013.** Influence of pollen nutrition on honey bee health: do pollen quality and diversity matter? *PloS one* 8: e72016.

## E

**Eliman A.M, (2022):** Biochemical Reactions and Their Biological Contributions in Honey. *Molecules* : 27 (15) ; 4719.

**English HK, Pack AR, Molan PC.2004.** The effects of manuka honey on plaque and gingivitis: a pilot study. *J Int Acad Periodontol*. 6:63–7.

## F

**Ferreira A.C.S , Monteiro J , Oliveira C, Paula G .(2008).** Study of major aromatic compounds in port wines from caroténoid degradation . *food chimistry*.110 : 83-87.

**Ferreira I.C.F.R., Aires E, Barreira J.C.M. et Estevinho L.M. 2009.** Antioxidant activity of portuguese honey samples: Different contributions of the entire henev and phenolic extract. *Food chemistry*. 114 : 1438-1443.

**French VM, Cooper RA, Molan PC. 2005.** The antibacterial activity of honey against coagulase-negative Staphylococci. *J Antimicrob Chemother*. 56:228–231.

**Fallico B., Zappala M., Arena E., Verzera A. (2004):** Effects of conditioning on HMF content in unifloral honeys. *Food Chemistry*, 85 : 305–313.

## G

**Gheldof N, Engeseth NJ. 2002.** Antioxidant capacity of honeys from various floral sources based on the determination of oxygen radical absorbance capacity and inhibition of in vitro lipoprotein oxidation in human serum samples. *Journal of agricultural and food chemistry* 50: 3050-3055.

**Gonnet M. 1982.** Le miel ; composition, propriété et conservation. *Ed.OPIDA* ; 22.

**Gheldof N, Wang XH, Engeseth NJ.2003.** Buckwheat honey increases serum antioxidant capacity in humans. *J Agric Food Chem*.51:1500–5.

**Guerzou, M., Aouissi, H. A.,Guerzou, A.,Burlakovs,J., Doumandji, S., Krauklis,A . E. 2021.** identification and comparison of physicochemical properties of Algerian honey,10 (10): 94.

**Gülçin İ, Alici H A et Cesur M. (2005).** Determination of in Vitro Antioxidant and Radical Scavenging Activities of Propofol. *Chem. Pharma. Bull*. 53 (3), 281-285.

## H

**Hájek.k.(2023).** Effet de la liquéfaction du miel sur la teneur en composés phénoliques. *Molecules* ; 28(2) : 714.

**Han DH, Denison MS, Tachibana H, Yamada K. 2002.** Relationship between estrogen receptor-binding and estrogenic activities of environmental estrogens and suppression by flavonoids. *Biosci Biotechnol Biochem.*;66:1479–87.

**Hatjina F, Costa C, Büchler R, et al.2014** Population dynamics of European honey bee genotypes under different environmental conditions. *Journal of Apicultural Research* 53: 233-247.

**H.E.M. 1988.** Dobson Survey of pollen and pollenkitt lipids-chemical cues to flower visitors? *Am J Bot*, 75:170-182.

**Hooper T. (1983):** Guide to Bees and Honey A&C Black Ltd., London. 2nd Ed.

**Hoyet C. 2005.** Miel : de la source à la thérapeutique [Thèse]. Nancy : *Université Henry Poincaré Nancy I*. 85, pp : 106.

## **J**

**Jackson, R. S., & Silsbee, C. G. (1924).** Saturation relations in mixtures of sucrose, dextrose and levulose. *US Commerce Department Standards Bureau Technology* (pp. 259–304).

## **K**

**Kamal, A. ; Raza, S. ; Rachid, N. ; Hamid, T. ; Gilani, M. ; Qureshi, MA ; Nasim, K. 2002.** Étude comparative du miel provenant de différentes flores du Pakistan. *Journal en ligne des sciences biologiques*, 2(9) :626 – 627.

**Komkowska E., Wojtacki K., Barczak T. (2021) :** Antimicrobial activity of heat-treated Polish honeys. *Food chemistry* ; 343 : 128561.

## **L**

**Lazarević, K. B., Jovetić, M. S., & Tešić, Ž. L. (2017).** Physicochemical Parameters as a Tool for the Assessment of Origin of Honey. *Journal of AOAC International*, 100(4) : 840–851.

**Lequet, L. 2010.** Du nectar à un miel de qualité : contrôles analytiques du miel et conseils pratiques a l'intention de l'apiculteur amateur. These de doctorat vétérinaire, université Claude Bernard, Lyon, 193p.

**liangliang Qu , Yuze Li , Yiran Wang , Dong Wu , Fangjian Ning , Zongxiu Nie , Liping Luo.(2023):** Rapid characterization of Maillard reaction products in heat-treated honey by nanoelectrospray ionization mass spectrometry. *Food chemistry*;419: 136010.

**Lichtenthaler FW. 2002.** Unsaturated O-and N-heterocycles from carbohydrate feedstocks. *Accounts of chemical research* 35: 728-737.

**Lobo V., Patil A., Phatak A., Chandra N (2010).** Radicaux libres, antioxydants et aliments fonctionnels : impact sur la santé humaine. *Pharmac. Rév* ; 4 : 118–126.

**Lusby PE, Coombes AL, Wilkinson JM. 2005.** Bactericidal activity of different honeys against pathogenic bacteria. *Arch Med Res.* 36:464–467.

## M

**Machado AM, Miguel MG, Vilas-Boas M, Figueiredo AC. (2020).** Volatiles du miel comme empreinte digital pour l'origine botanique- Un examen de leur présence sur les miels monofloraux. *Molécules.* 25 (2) : 374.

**Machado De-Melo AA, Almeida-Muradian LBD, Sancho MT, et al. 2018.** Composition and properties of *Apis mellifera* honey : A review. *Journal of Apicultural Research* 57: 5-37.

**Majkut M., Kwiecińska-Piróg J., Wszelaczyńska E., Pobereźny J., Gospodarek-Komkowska E., Wojtacki K., Barczak T. (2021) :** Antimicrobial activity of heat-treated Polish honeys. *Food chemistry* ; 343 : 128561.

**Manikis, I., & Thrasivoulou, A. (2001).** The relation of physicochemical characteristics of honey and the crystallisation sensitive parameters. *Apiacta*, 36(2), 106–112.

**Manisha Deb M. et Shyamapada M. 2011.** *Asiatique Pac J Trop Biomed.* 1(2): 154–160

**Marek Kus, P., Congiu, F., Teper, D., Sroka, Z., Jerkovic, I. et Tuberoso, C. I. G. (2014).** Antioxydant activity, color, characteristics, total phenol content and general HPLC fingerprints of six unifloral honey types. *LWT- Food Science and Technology*, 55: 124-130.

**Mat Ramlan N.A.F., Md Zin A.S., Safari N.F., Chan K.W., Zawawi N. (2021) :** Application du chauffage sur les propriétés antioxydantes et antibactériennes du miel d'abeille sans dard de Malaisie et d'Australie. *Antibiotics* ; 10(11) : 1365.

**Mattoon WR. 1915.** The southern cypress .*US Department of Agriculture*.No. 272.

**Maughan R.2002.** The athlete's diet: nutritional goals and dietary strategies. *Proceedings of the nutrition Society* 61: 87-96.

**Meda A, Lamien C E, Romito M, Millogo J et Nacoulma O G. (2005).** Determination of total,phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chem.* 91, 571– 577.

**Molan PC. 2006.** Authenticity of honey. In *Food authentication*. Springer, Boston, MA: 259-303.

**Molan PC. 2006.** The evidence supporting the use of honey as a wound dressing. *Int J Low Extrem Wounds*.5:40–54

## N

**Naik RR, Gandhi NS, Thakur M, Nanda V. (2019).** Analyse du phénomène de cristallisation dans le miel indien à l'aide de simulation de dynamique moléculaire et d'un réseau de neurones artificiels. *Chimie alimentaire*. 300 :125182

## P

**Pasias IN, Raptopoulou KG, Makrigennis G, Ntakoulas DD, Lembessis D, Dimakis V, Katsinas R, Proestos C. (2022).** Trouver la procedure de traitement optimale pour retarder la cristallisation du miel sans réduire sa qualité. *Chimie alimentaire*. 381: 132301.

**Pérez RA, Iglesias MT, Pueyo E, Gonzalez M, de Lorenzo C.2007.** Amino acid composition and antioxidant capacity of Spanish honeys. *J Agric Food Chem*.55:360–5.

**Pham-Delegue M.1999.**Les abeilles. Genève, Minerva, 206 p.

**Pieper B (2009).** Pansements et soins des plaies à base de miel : une option de soins aux États-Unis. *J Wound Ostomy Continence Nurs* ; 36 (1) 60-66.

**Puscas, A., Hosu, A. et Cimpoi, C. (2013).** Application d'une méthode de chromatographie en couche mince à haute performance nouvellement développée et validée pour contrôler l'adultération du miel. *Journal de chromatographie A*, 1272, 132–135

## R

**Rahima DK (2013)** Ultrasound-assisted liquefaction of honey. *Doctoral dissertation*. Universitat Politècnica de Catalunya .

**Rodriguez-Otero JL, Paseiro P, Simal J, et al. 1994.** Mineral content of the honeys produced in Galicia (North-west Spain). *Food Chemistry* 49: 169-171.

**Rossant A. 2011.** Le miel, un composé complexe aux propriétés surprenantes. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie. Université de Limoges.

**Roulston, J.H. Cane, S.L. 2000** Buchmann What governs protein content of pollen : pollinator preferences, pollen–pistil interactions, or phylogeny ? *Ecol Monogr*, 70 :617-643

## S

**Sanz M, Gonzalez M, De Lorenzo C, Sanz J, Martinez-Castro I. 2005.** A contribution to the differentiation between nectar honey and honeydew honey. *Food chemistry*. ;91(2) :313-7.

**Sass-Kiss, A., Kiss, J., Milotay, P., Kerek, MM. et Toth-Markus, M. (2005).** Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruit and vegetables. *Food Res. Int.* 20:1023-1029.

**Schivre E. 2006.** L'abeille, ses produits de sécrétion et leurs utilisations thérapeutiques. *Thèse de doctorat*. Université de Nancy : 1-73.

**Shahidi, F. et Zhong, Y. (2005).** Mesurements of antioxydant activity. *Journal of Functional Food*. In press.

**Shapla UM, Solayman M, Alam N, et al. 2018.** levels in honey and other food products: effects on bees and human health. *Chemistry Central Journal* 12: 1-18.

**Shapla, U.M., Solayman Md., Alam N., Ibrahim Khalil M., et Hua Gan S. (2018).**

Niveaux de 5-hydroxyméthylfurfural (HMF) dans le miel et d'autres produits alimentaires : effets sur les abeilles et la santé humaine. *Journal central de chimie*, 12 : 35.

**Shehri B.M. A, Bajaber M. A, Khan A.KH, Alrooqi M.M, Modawé G.A, Mohammed Eliman A.M, (2022):** Biochemical Reactions and Their Biological Contributions in Honey. *Molecules* : 27 (15) ; 4719.

**Simon A, Traynor K, Santos K, Blaser G, Bode U, Molan P. 2008.** Medical honey for wound care - still the 'Latest Resort' Evid Based Complement Alternat Med. doi: 10.1093/ecam/nem175

**Subramanian R., Hebbar H.U., Rastogi N.K. (2007):** Processing of honey: A review. *International Journal of Food Properties*, 10: 127–143.

**Szczesna.T 2006.** Long chain fatty acids composition of honeybee-collected pollen. *J Apic Sci*, 50 (2) : 65-79.

## T

**Tappi S, Glicerina V, Ragni L, Dettori A, Romani S, Rocculi P (2021).** Propriétés physiques et structurelles du miel cristallisé par des processus statistiques et dynamiques. *Journal d'ingénierie alimentaire*, 292 :110316.

**Turhan I., Tetic N., Karhan M., Gurel F., Tavukcuoglu H.R. (2008):** Quality of honeys influenced by thermal treatment. *LWT-Food Science and Technology*, 41, 1396–1399.

**Turkmène N, Sari F, Ender S, Poyrazoglu Y, Velioglu S. (2006):** Effects of prolonged heating on antioxidant activity and colour of honey. *Food Chemistry*.95(4):653-657.

**Tosi E., R. Martinet R., Ortega M., Lucero H., Ré E, (2008):** Honey diastase activity modified by heating. *Food Chemistry*, 106: 883–887.

**Tosi EA, Ré E, Lucero H, Bulacio L (2004).** Effect of honey high-temperature short-time heating on parameters related to quality, crystallization phenomena and fungal inhibition. *LWT-Food Sci Technol.* ;37(6) :669–678.

## V

**Vallianou N.G, Penny Gounari P, Skourtis A, Panagos J, Kazazis CH (2014).** Honey and its Anti-Inflammatory, Anti-Bacterial and Anti-Oxidant Properties. *Gen Med* ; 2 :2.

**Van den Worm E, Van Ufford HC, Halkes SB, Hoekstra MJ, Beukelman CJ. 2008.** An in vitro examination of the antioxidant and anti-inflammatory properties of buckwheat honey. *J Wound Care*.17:172–178.

## W

**Weston RJ (2000).** La contribution de la catalase et d'autres produits naturels à l'activité antibactérienne du miel : une revue. *Chimie alimentaire.* ; 71 : 235–239.

**White, J W. (1975).** Composition of honey. In E. Crane (Ed.), *Honey, a comprehensive survey* (pp. 157–206). London, UK: Heinemann.

**White, J. W., Riethof, M. L., Subers, M. H., & Kushnir, I. (1962).** Composition of American Honeys. Technical Bulletin USDA 1261.

**White, J W, Subers, MH et Schepartz, AI (1963).** L'identification de l'inhibine, le facteur antibactérien du miel, en tant que peroxyde d'hydrogène et son origine dans un système glucose-oxydase du miel. *Biochim. Biophys. Acta* 73, 57–70.

**Whitehurst R.J., Law B.A. (2001):** *Enzymes in Food Technology.* Wiley-Blackwell, New York. 1st Ed.

**Williams B, W., Cuvelier, M.E. Berset, C.L.W.T. (1995)** Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28, 25-30.

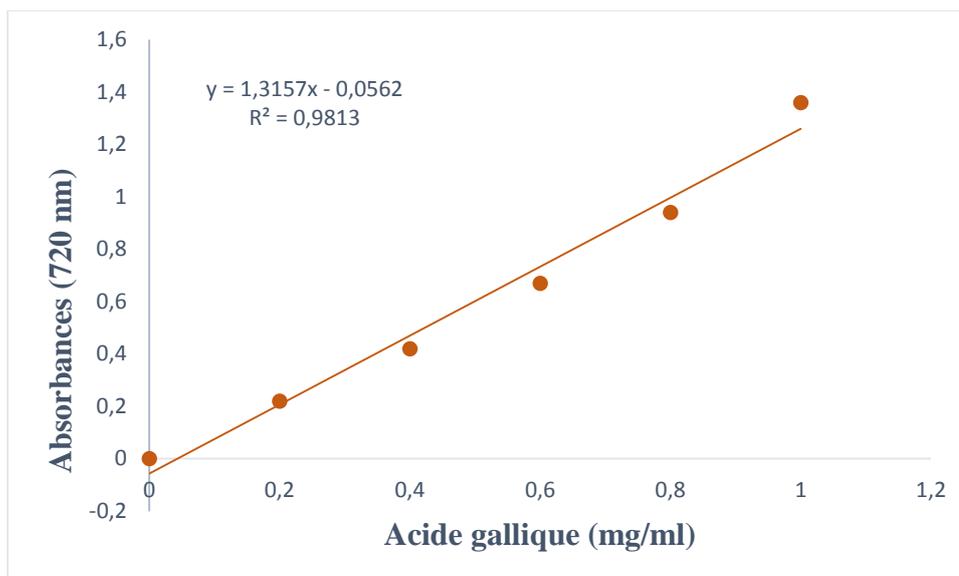
## Y

**Yanniotis, S., skaltsi, S., karaburnioti, S. (2006).** Effect of moisture content on the viscosity of honey at different temperatures. *Journal of Food Engineering.* 72(4): 372-377.

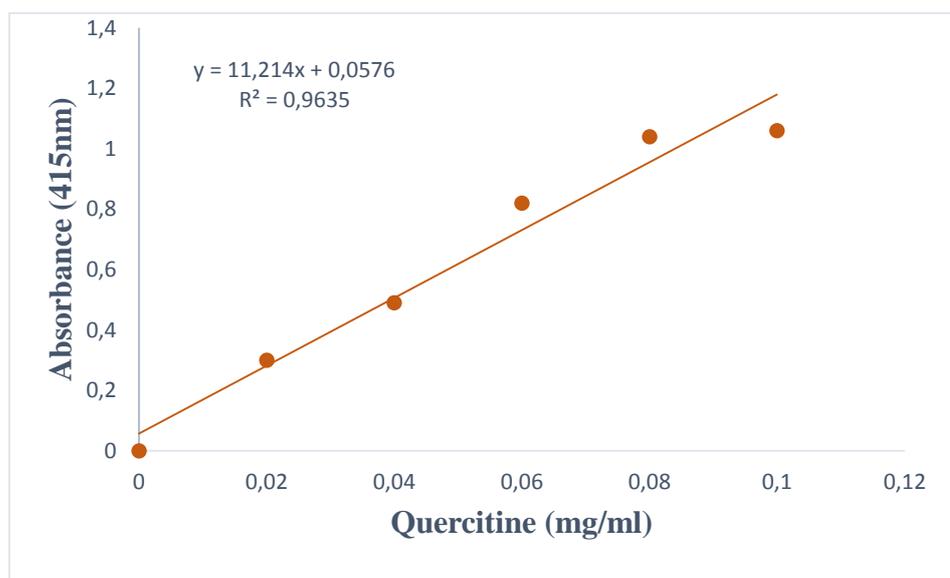
# *Annexes*

**Tableau 3 :** Normes de certains paramètres physico-chimiques du miel selon le codex Alimentarius, 2001 et le Journal Officiel des communautés Européennes, 2002.

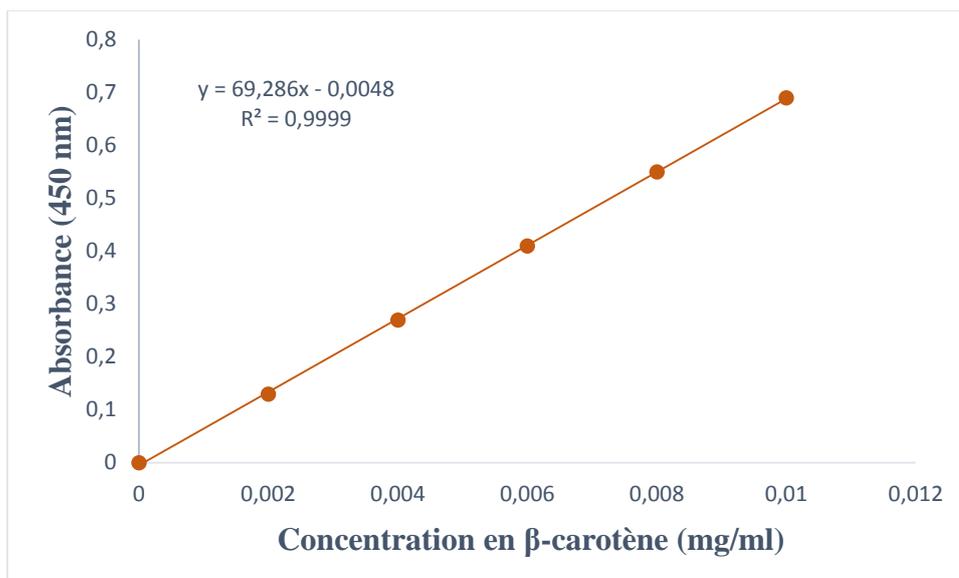
Paramètre physicochimiques	Valeurs limites
Teneur en eau	Miels en général < 20%
Teneur en sucre	Miels de fleurs > 60%
Glucose et fructose	Miel miellat ou mélangés avec des miels de fleur > 45%
Saccharose	Miel en général < 5%
Sucres réducteurs	Miels de fleurs > 65
Teneur en HMF	Miel en général < 40 mg/ Kg
Conductivité électrique	Miels de nectar < 0,8 mS /cm Miels de miellat > 0,8 mS /cm



**Figure 1 :** Courbe d'étalonnage des polyphénols



**Figure 2 :** Courbe d'étalonnage des flavonoïdes



**Figure 3 :** Courbe d'étalonnage des caroténoïdes

## **Résumé**

L'objectif principale de cette étude est de mettre en évidence l'impact de la température et du temps sur les paramètres physicochimiques du miel (flavonoïdes, polyphénols, couleur, HMF, pouvoir réducteur) qui sont considérés comme critères de sa qualité.

Les analyses ont été effectuées pour deux types de miel E1 et E2 de deux régions de Bejaïa (Boukhelif et Feraoun), traité par deux températures (70°C et 100°C) pendant 60min. Les résultats obtenus montrent que la température et le temps affectent significativement les paramètres physicochimiques et les antioxydants du miel tels que la diminution des (caroténoïdes, DPPH) l'augmentation de (HMF, la couleur), la stabilité des flavonoïdes et pour les polyphénols y a une variation de sa teneur à des températures différentes.

**Mots clés :** miel, qualité, traitement thermique, polyphénols, activité antioxydante

## **Abstract**

The main objective of this study is to highlight the impact of temperature and time on the physicochemical parameters of honey (flavonoids, polyphenols, color, HMF, reducing power), which are considered as criteria of its quality.

The analyses were carried out on two types of honey, E1 and E2, from two regions of Bejaïa (Boukhelif and Feraoun), treated at two temperatures (70°C and 100°C) for 60 min. The results obtained show that temperature and time significantly affect the physicochemical parameters and antioxidants of honey, such as a decrease in (carotenoids, DPPH), an increase in (HMF, color), the stability of flavonoids and, for polyphenols, a variation in content at different temperatures.

**Keywords:** honey, quality, treatment thermal, polyphenols, antioxidant activity.