

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

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie physico-chimique
Filière : Sciences Biologiques
Spécialité : Biochimie Appliquée



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

MASTER

Thème

**Effet de l'addition du miel sur l'inhibition de
l'oxydation des lipides sur les galettes crues et cuites
et de la pâte à tartiner à base de viande bovine**

Présenté par :

M^{elle} BRAHMI Amel & M^{elle} BOUSSAA Ferial

Soutenue le : 01 / 07 / 2024

Devant le jury composé de :

M^{me} BECHEUR- BENGHANEM N.	MCA	Présidente
Mr OUCHEMOUKH S.	Professeur	Encadreur
M^{me} METROUH ^{EPSE} AMIR H.	MCA	Examinatrice
M^{me} GUENAOUI N.	Doctorante	Invitée

Année universitaire : 2023 / 2024

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

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie physico-chimique
Filière : Sciences Biologiques
Spécialité : Biochimie Appliquée



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

MASTER

Thème

**Effet de l'addition du miel sur l'inhibition de
l'oxydation des lipides sur les galettes crues et cuites
et de la pâte à tartiner à base de viande bovine**

Présenté par :

M^{elle} BRAHMI Amel & M^{elle} BOUSSAA Ferial

Soutenue le : 01 / 07 / 2024

Devant le jury composé de :

M^{me} BECHEUR- BENGHANEM N.	MCA	Présidente
Mr OUCHEMOUKH S.	Professeur	Encadreur
M^{me} METROUH ^{EPSE} AMIR H.	MCA	Examinatrice
M^{me} GUENAOUI N.	Doctorante	Invitée

Année universitaire : 2023 / 2024

Remerciements

Avant tout, nous remercions "Allah" le tout puissant de nous avoir donné la santé, la volonté, la force et le courage d'entamer et de réaliser cette étude. Merci de nous avoir éclairé le chemin de la réussite

Nous adressons nos sincères remerciements à notre promoteur, le Professeur **OUCHEMOUKH Salim**. Sa proposition de ce thème de recherche, ses conseils avisés et son accompagnement attentif durant ces mois de travail ont été d'une valeur inestimable. Sa grande disponibilité et son soutien constant méritent notre plus grand respect et reconnaissance.

Nos remerciements chaleureux vont également à notre Co-promotrice, **M^{elle} GUENAOUI Nawel**, pour le temps précieux qu'elle nous a accordé. Sa patience, sa gentillesse et son expérience ont été des atouts précieux tout au long de cette période de pratique. Elle nous a non seulement guidés avec perspicacité mais a également partagé de nombreuses idées innovantes qui ont enrichi notre travail de manière significative. Son soutien inébranlable et ses efforts constants ont été une source d'inspiration et de motivation.

Nous tenons aussi à remercier les membres du jury de soutenance **M^{me} METROUH EPSE AMIR Hassiba** et **M^{me} BECHEUR Nacira** de l'université de Bejaia pour leur précieuse contribution à l'évaluation de ce travail.

Dédicaces

Avant toute chose, je tiens à remercier Dieu le Tout-Puissant pour m'avoir donné la force et la patience nécessaires pour réaliser ce modeste travail que je dédie particulièrement :

À mon **très cher père**, qui m'a toujours soutenu, éduqué et a fait de moi ce que je suis aujourd'hui. Merci de m'avoir transmis ton caractère. Sans toi, ce travail n'aurait jamais vu le jour.

À ma **très chère mère**, qui m'a toujours soutenu, encouragé et élevé avec amour. Merci pour ton amour, ta patience, ta gentillesse et ton soutien sans fin. Je suis très reconnaissant pour tout ce que tu as fait pour moi.

À la mémoire de ma **chère grand-mère** qui m'a entouré de son amour depuis mon enfance, que dieu la garde dans son vaste paradis.

À mes merveilleuses **copines**, pour leur amitié précieuse, leur soutien indéfectible, et leurs éclats de rire qui ont illuminé mes journées. Merci pour votre patience et vos mots réconfortants.

À **Amel**, ton soutien et ta collaboration ont été inestimables tout au long de ce parcours. Ta gentillesse, ton aide et ta persévérance ont été des atouts précieux pour ce travail. Cette réussite est autant la tienne que la mienne. Merci pour ton amitié, ta compréhension et ta patience. C'est un honneur d'avoir partagé cette aventure avec toi.

À mes **chats** adorés, mes compagnons fidèles, qui ont apporté une infinie joie et réconfort à chaque instant de ma vie.

À toute **ma famille**, pour leur amour et leur soutien.

A toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail

Feriel

Dédicaces

Je tiens à exprimer ma gratitude envers Allah, le Miséricordieux, le Tout-Puissant, qui m'a accordé la force et la persévérance nécessaires pour accomplir ce travail.

À ceux qui ont toujours été là pour moi, qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de ce parcours.

À **mes chers parents**. Votre amour, votre soutien inconditionnel et vos encouragements constants ont été les piliers de ma réussite. Vous avez toujours cru en moi, même dans les moments où je doutais de moi-même. Ce mémoire vous est dédié avec toute ma gratitude et mon affection.

À ma sœur **Nour-El-Houda** et mon frère **Lounis**, merci pour votre complicité, vos rires et vos encouragements. Vous avez toujours été là pour moi, et votre présence a été une source de force et de motivation. Je vous dédie ce travail avec tout mon amour.

À ma meilleure amie **Aida**, qui a toujours été à mes côtés, merci pour ton amour, ta patience, et ta compréhension. À toutes mes **copines**, votre présence a rendu cette aventure bien plus agréable et supportable. Merci pour tous les moments que nous avons passés ensemble.

À **Jiji**, ta collaboration précieuse et ton esprit d'équipe ont été d'une importance immense. Ton soutien constant, ta détermination et ta joie de vivre ont fait de notre parcours académique une expérience enrichissante et mémorable. Ce mémoire témoigne des années de travail, et d'efforts que nous avons partagés.

À mes compagnons fidèles **Plackyou** et **Pyanka**, vos câlins et votre présence apaisante ont été une source de réconfort durant les longues heures de travail. Merci pour vos ronronnements qui ont adouci les moments de stress. Ce mémoire vous est dédié avec affection.

Merci à tous, du fond du cœur.

Amel

Table de matière

Table de matière

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction.....1

Partie bibliographique

Chapitre I. Généralités, composition chimique et activités biologiques du miel

I. Définition.....3

II. Composition chimique3

II.1. Glucides.....3

II.2. Eau.....3

II.3. Protéines et acides aminés.....4

II.4. Enzymes.....4

II.5. Acides organiques.....4

II.6. Minéraux.....5

II.7. Composés phénoliques.....5

II.8. Pollen.....5

III. Propriétés physico-chimiques.....6

III.1. Couleur.....6

III.2. Indice de réfraction.....6

III.3. Conductivité électrique.....6

III.4. pH.....7

III.5. Hydroxyméthylfufural (HMF).....7

III.6. Proline.....7

IV. Activités biologiques.....7

IV.1. Activité antioxydante.....7

IV.2. Activité antimicrobienne.....8

V. Analyses polliniques.....8

Chapitre II. Généralités et composition chimique de la viande de bœuf

I. Définition	10
II. Composition chimique de la viande	10
II.1. Protéines.....	10
II.2. Lipides.....	11
II.3. Glucides.....	11
II.4. Vitamines.....	11
III. Races bovines en Algérie	12
IV. Qualités de la viande	13
IV.1. Qualité technologique de la viande.....	13
IV.2. Qualités organoleptiques.....	14
IV.3. Qualités hygiéniques.....	14
IV.4. Qualités nutritionnelles.....	14
V. Altérations de la viande	15
V.1. Détérioration microbiologique.....	15
V.2. Détérioration autolytique.....	15
V.3. Oxydation de la graisse.....	15
VI. Méthodes de conservation de la viande	17
VI.1. Salage	17
VI.2. Sucrage	17
VI.3. Fumage	17
VI.4. Séchage	17
VI.5. Congélation	18
VII. Les produits carnés	18
VIII. Utilisation du miel dans la conservation de viande	18

Partie expérimentale

Chapitre I : Matériel et méthodes

I. Echantillons	19
I.1. Echantillons de miel.....	19
I.2. Echantillons de viande.....	20
II. Profils polliniques	21
III. Paramètres physico-chimiques des miels	21
III.1. Brix et humidité.....	21
III.2. pH.....	21
III.3. Conductivité électrique.....	22
III.4. Couleur.....	22
III.5. Dosage de l'HMF.....	22
III.6. Dosage de la proline.....	23
III.7. Dosage des protéines.....	24
IV. Dosage des antioxydants	24
IV.1. Composés phénoliques totaux.....	24
IV.2. Flavonoïdes.....	25
V. Activités antioxydantes	25
V.1. Test de DPPH (2,2-diphényl-1-hydrazyl-hydrate).....	25
V.2. Test du pouvoir réducteur.....	26
V.3. Test de ferrozine.....	26
VI. Marinade de la viande de bœuf avec le miel	27
VI.1. Préparation des galettes de bœuf enrichie en miel crues et cuites.....	27
VI.2. Elaboration de la pâte à tartiner.....	28
VI.3. Paramètres physico-chimiques.....	30
VI.3.1. Couleur (L*a*b*).....	30
VI.3.2. pH.....	30
VI.3.3. Test d'humidité.....	31
VI.3.4. Test de cuisson.....	31

VI.4. Dosage des antioxydants	31
VI.4.1. Extraction.....	31
VI.5. Tests d'oxydation des lipides.....	32
VI.5.1. Indice de peroxyde.....	32
VI.5.2. Test de TBARS.....	32
VI.6. Détermination de la charge microbienne des galettes de viandes de bœuf crues.....	33
VI.7. Evaluation sensorielle des pâtes à tartiner.....	33
VI.8. Analyses statistiques.....	34

Chapitre II : Résultats et discussion

I. Profils polliniques.....	35
II. Paramètres physico-chimiques.....	37
II.1. Brix.....	37
II.2. Teneur en eau	38
II.3. pH.....	39
II.4. Conductivité électrique	39
II.5. Couleur	40
II.6. Teneur en HMF	42
II.7. Teneur en proline.	43
II.8. Teneur en protéines.....	44
III. Teneurs en antioxydants.....	45
III.1. Polyphénols.....	45
III.2. Flavonoïdes.....	46
IV. Activités antioxydantes.....	47
IV.1. DPPH.....	47
IV.2. Pouvoir réducteur.....	48
IV.3. Ferrozine.....	49
V. Analyses des galettes (crues et cuites) et des pâtes à tartiner de viande de bœuf enrichies en miel	51
V.1. Paramètres physico-chimiques.....	51
V.2. Teneur en antioxydants	62

V.3. Activités antioxydantes.....	67
V.4. Tests d'oxydation des lipides.....	73
V.5. Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile des galettes de viande de bœuf crues.....	79
VII. Analyses sensorielles.....	80
VIII. Corrélations.....	87
VIII.1. Corrélation galettes crues.....	87
VII.2. Corrélation des pâtes à tartiner.....	87
IX. L'analyse en composantes principale (ACP).....	90
IX.1. ACP des galettes crues.....	90
IX.2. ACP des pâtes à tartiner.....	92
Conclusion.....	94
Références bibliographiques.....	96
Annexes	

Liste des figures

Liste des figures

N°	Titre	Page
1	Images de quelques grains de pollen présents dans les miel (CETAM, Centre d'Études Techniques Apicoles de Moselle, France)	9
2	Processus d'oxydation des acides gras polyinsaturés	16
3	Photographie des miel analysés	20
4	Photographies de la viande utilisée	20
5	Photographies des préparations de la viande hachée	27
6	Photographies des galettes de viande de bœuf hachée formulées	28
7	Photographie des ingrédients utilisés dans l'élaboration de la pâte à tartiner	29
8	Photographies des pâtes à tartiner	30
10	Résultats de degré de brix des miels analysés	37
11	Teneur en eau des échantillons de miel étudié	38
12	pH des miels analysés	39
13	Conductivité électrique des miels analysées	40
14	Couleur des miels analysés	41
15	Intensité de couleur L*a*b*	42
16	Teneurs en HMF des miels analysés	43
17	Teneur en proline des miels analysés	44
18	Teneur en protéines des miels analysés	45
19	Teneur en polyphénols des miels analysés	46
20	Teneurs en flavonoïdes des miels analysés	47
21	Pourcentage de réduction du radical DPPH par les miels analysés	48
22	Pouvoir réducteur des miels analysés	49
23	Test à la ferrozine des miels analysés	50
24	Suivi du test de couleur (L*a*b*) des galettes de viande de bœuf crues	51
25	Photographie des galettes bovines à T ₀ et T ₉	52
26	Valeurs du test de couleur (L*a*b*) des galettes de viande de bœuf cuites	54
27	Intensité de la couleur des pâtes à tartiner de viande de bœuf	55
28	Valeurs de pH des galettes crues de viande de bœuf	56
29	Valeurs de pH des galettes de viande de bœuf avant et après la cuisson	57

Liste des figures

30	Valeurs de pH dans les pâtes à tartiner de viande de bœuf	58
31	Humidité des galettes cuites de viande de bœuf	59
32	Humidité des pâtes à tartiner de viande de bœuf	60
33	Taux de cuisson des galettes cuites de viande de bœuf	61
34	Suivi de la teneur en phénols totaux des galettes crues de viande de bœuf	62
35	Teneur en polyphénols totaux des galettes de viande de bœuf avant et après la cuisson.	63
36	Teneur en polyphénols totaux des pâtes à tartiner de la viande de bœuf	64
37	Suivi de la teneur en flavonoïdes des galettes crues de viande de bœuf	65
38	Teneurs en flavonoïdes des galettes de viande de bœuf avant et après la cuisson	66
39	Teneur en flavonoïdes des pâtes à tartiner de la viande de bœuf	67
40	Suivi des valeurs du test DPPH des galettes crues de viande de bœuf	68
41	Valeurs de test DPPH des galettes de viande de bœuf avant et après la cuisson	69
42	Valeurs de test DPPH des pâtes à tartiner de la viande de bœuf	70
43	Suivi des valeurs du test pouvoir réducteur des galettes crues de viande de bœuf	71
44	Résultats du pouvoir réducteur des galettes de viande de bœuf avant et après la cuisson	72
45	Résultats du pouvoir réducteur des pâtes à tartiner de la viande de bœuf	73
46	Suivi de l'indice de peroxyde des galettes crues de viande de bœuf	74
47	Suivi de progression de TBA des galettes crues de viande de bœuf	75
48	Photographie des galettes enrichies avec des concentrations du miel de 1 et 10 %	76
49	Valeurs de TBA des galettes de viande de bœuf avant et après la cuisson	78
50	Valeurs de TBA des pâtes à tartiner de viande de bœuf	79
51	Pouvoir discriminant par descripteur des pâtes à tartiner de viande de bœuf hachée	81
52	Coefficients des modèles des quatre pâtes à tartiner de viande de bœuf hachée témoin (P0) et enrichies en miel (P1, P2 et P3)	83
53	ACP des pâtes à tartiner de viande de bœuf hachée	85
54	Cartographie des préférences externes (PREFMAP)	86
55	ACP des paramètres physicochimiques, teneurs en antioxydants et activités biologiques des galettes crues	91
56	Cercle de corrélation des paramètres physico-chimiques, antioxydants et activités antioxydantes des galettes crues	91
57	ACP des paramètres physicochimiques, teneurs en antioxydants et activités biologiques des pâtes à tartiner	93
58	Cercle de corrélation des paramètres physico-chimiques, antioxydants et activités antioxydantes des pâtes à tartiner	93

Liste des tableaux

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
I	Composition moyenne du muscle squelettique	10
II	Caractéristiques des miels analysés	19
III	Proportion des ingrédients rentrant dans la formulation des pâtes à tartiner	29
IV	Composition pollinique et pourcentage de pollens des échantillons de miel analysés	36
V	Nombre total de la charge microbienne (log CFU/g) dans différentes galettes de viandes témoin et marinées avec le miel	80
VI	Pouvoir discriminant par descripteur	81
VII	Moyennes ajustées par produit	84
VIII	Matrice de corrélations entre les paramètres physicochimiques, les antioxydants et l'activité antioxydante des galettes crues	88
IX	Matrice de corrélations entre les paramètres physicochimiques, les antioxydants et l'activité antioxydante des pâtes à tartiner	89

Liste des abréviations

Liste des abréviations

ACP : Analyse en Composante Principale

ANOVA : Analysis of one variance

BSA : Bovine Serum Albumin

CE : Conductivité électrique

DO : Densité Optique

DPPH : 2,2-diphényl-1-hydrazyl-hydrate

FTAM : Flore Totale Aérobie Mésophile

HMF : Hydroxyméthylfufural

IP : Indice de Peroxyde

IR : Indice de Réfraction

MDA : Malondialdéhyde

PCA : Plate Count Agar

TBA : Thiobarbituric Acid

TCA : Trichloroacetic Acid

Introduction

Introduction

Les viandes sont constituées de muscles striés squelettiques, ainsi que d'autres tissus tels que le tissu conjonctif, adipeux, osseux et cutané, dont les proportions varient selon l'espèce, la race, l'âge et l'alimentation. Elles sont riches en protéines hautement digestibles contenant des acides aminés essentiels et représentent également une source importante de fer et de vitamines hydrosolubles (**Chougui, 2015**).

En Algérie, la viande rouge, notamment la viande bovine, occupe une place essentielle dans l'alimentation. Représentant 17 % de la production agricole, elle fait partie des viandes les plus consommées, avec une moyenne annuelle d'environ 12,34 kg par habitant (**ministère de l'agriculture et du développement rural, 2021**).

Pendant le stockage, la viande et les produits carnés peuvent subir une dégradation biochimique et microbienne, en raison de leur composition complexe qui regroupe différents types de lipides saturés et insaturés, de protéines, de glucides, de vitamines et de pigments (**Pateiro et al., 2018**). Cette sensibilité à la dégradation, notamment par l'oxydation, justifie l'utilisation d'additifs alimentaires tels que des antioxydants et des conservateurs, principalement des composés synthétiques dont leur consommation pourrait être associée à l'apparition des maladies (**Ribeiro et al., 2020**).

Johnston et al. (2005) ont souligné que l'utilisation croissante d'antioxydants naturels dans l'industrie alimentaire répond à une demande accrue des consommateurs pour des produits plus sains. Les consommateurs sont devenus plus conscients de leur santé et sont préoccupés par la composition des aliments qu'ils consomment.

Les antioxydants naturels présentent l'avantage d'avoir une activité biochimique importante, réduisant ainsi les effets des maladies métaboliques en retardant l'oxydation des lipides et leur utilisation prolonge la fraîcheur de la viande tout en assurant ainsi sa conservation et sa sécurité alimentaire (**Turcu et al., 2021**). De nombreuses études ont prouvé l'efficacité de certains antioxydants naturels d'origine végétale tels que l'huile de pépins de raisin (**Turcu et al., 2021**), la pulpe de fruit de kiwiberry (**Haraf et al., 2024**), l'extrait de feuille d'olivier (**Totaro et al., 2024**) et la farine de patate douce (**Torres et al., 2023**) sur la conservation et la stabilité oxydatives de la viande.

Le miel, produit de la ruche, est reconnu non seulement comme un complément alimentaire bénéfique pour la santé mais aussi comme une source précieuse d'antioxydants alimentaires (**Beretta et al., 2005**).

Le miel est composé essentiellement de glucides et d'eau. En outre, il contient aussi en petites quantités des enzymes, des acides aminés, des acides organiques, des vitamines, des composés aromatiques... Il se distingue par la présence de composés phénoliques qui lui confèrent divers effets biologiques bénéfiques ainsi que des propriétés biologiques (**Da Silva et al., 2016**).

Il y a beaucoup d'articles publiés sur les miels Algériens, concernant la composition chimique et les propriétés biologiques (**Sicak et al., 2021**). Cependant, à notre connaissance, aucune recherche n'est effectuée ni sur l'effet de l'addition de miel Algérien sur la conservation oxydative de la viande bovine et ni sur la formulation d'une nouvelle recette de pâte à tartiner à base de la viande de bœuf enrichie en miel.

Les objectifs de cette étude sont d'évaluer l'efficacité du miel Algérien dans la conservation de la viande bovine crue et cuite et le développement d'une nouvelle formulation de pâte à tartiner, en réalisant une série d'analyses des paramètres physico-chimiques, des dosages des composés phénoliques, l'activité antioxydante et la détermination de la charge bactérienne. En plus, une évaluation sensorielle des pâtes à tartiner enrichies en miel est effectuée par un jury d'expert.

Pour cela, trois parties seront développées dans la présente étude :

- La première partie synthétise les différentes connaissances bibliographiques sur le miel et la viande : leurs compositions, leurs propriétés physicochimiques et biologiques.
- La deuxième partie illustre une présentation du matériel d'étude et les méthodes analytiques utilisées pour réaliser ce travail.
- La troisième partie présente les résultats obtenus ainsi que leurs discussions.

Etude bibliographique

Chapitre I. Généralités, composition chimique et activités biologiques du miel

I. Définition

Le miel est un produit naturel sucré fabriqué par les abeilles *Apis mellifera* à partir du nectar des fleurs ou à partir d'excrétions d'insectes butineurs laissées sur les parties vivantes des plantes, que les abeilles butinent, transforment, combinent avec des matières spécifiques qu'elles sécrètent elles-mêmes, déposent, déshydratent, emmagasinent et laissent affiner et murir dans les rayons de la ruche (**Codex alimentaire, 2001**).

II. Composition chimique

Le miel est composé de plus de 200 substances différentes, avec une composition qui varie d'un échantillon à l'autre en fonction de plusieurs facteurs : l'origine florale, les conditions météorologiques, la contribution de l'apiculteur et l'état physiologique de l'abeille (**Ballot-Flurin, 2010**).

II.1. Glucides

Les glucides sont les constituants majoritaires du miel et ils représentent environ 95 % de la masse sec du miel (**Bogdanov et al., 2004**). Les principaux sucres constitutifs de miel sont les monosaccharides (75 %) dont le fructose (41 %) et le glucose (34 %) (**Tafere, 2021**). Les 10 à 15 % restants des glucides du miel sont composés de disaccharides (saccharose, maltose, turanose, isomaltose, maltulose, tréhalose, nigérose et kojibiose) et de trisaccharides (maltotriose et mélézitose) ainsi que d'oligosaccharides (**Miguel et al., 2017**).

II.2. Eau

La quantité d'eau est un indicateur de qualité, particulièrement crucial pour la durée de conservation du miel. Selon la saison de production et le climat, les miels uni-floraux présentent des variations caractéristiques de l'eau qui impactent les caractéristiques physiques du miel comme la viscosité et la cristallisation (**Bogdanov et al., 2004**).

La concentration d'eau dans le miel peut être inférieure à 14 % et plus la quantité d'eau est faible, plus il y a pas un risque de fermentation. Il est reconnu internationalement que le miel de bonne qualité doit contenir moins de 18 % d'eau (**Tafere, 2021**).

II.3. Protéines et acides aminés

La quantité d'acides aminés et de protéines est assez faible dans le miel, avec un maximum de 0,7 %. Le miel renferme pratiquement tous les acides aminés physiologiquement importants. La proline est l'acide aminé principal, c'est un indicateur de maturité du miel. Il est nécessaire que sa concentration dépasse 183 mg/kg. En cas de valeurs inférieures, il est probable que le miel soit frelaté par ajout des sucres (**Bogdanov *et al.*, 2004 ; Bogdanov, 2009**).

II.4. Enzymes

Les différents types de miel présentent des différences considérables dans les activités enzymatiques même si les enzymes sont ajoutées par les abeilles, cela est probablement dû à la vitesse du flux de nectar et le stade physiologique des glandes de l'abeille (**Bogdanov *et al.*, 2004**).

Les plus connues sont la diastase qui transforme l'amidon en maltose et présente une stabilité relative à la chaleur et à la conservation ; l'invertase catalyse la conversion du saccharose en glucose et en fructose. La production de peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) est contrôlée par deux autres enzymes principales, la glucose oxydase et la catalase qui sont l'un des facteurs antibactériens du miel (**Bogdanov, 2016**).

II.5. Acides organiques

Le miel renferme une gamme d'acides organiques qui représentent entre 0,17 et 1,17 % des acides totaux. Ces acides organiques sont en partie responsables de la stabilité contre les micro-organismes, ainsi que l'activité antibactérienne. La plupart des acides sont ajoutés par les abeilles. L'acide principal est l'acide gluconique, un produit de l'oxydation du glucose par la glucose oxydase, avec la présence de quantité mineure en acides formique, acétique, butyrique, lactique, oxalique, succinique, tartrique, maléique, pyruvique, pyroglutamique, acétoglutarique, glycollique, citrique, malique, ... (**Alvarez-Suarez *et al.*, 2013 ; Bogdanov, 2016**).

II.6. Minéraux

Le miel contient une quantité de minéraux allant de 0,04 % dans les miels clairs à 0,2 % dans les miels foncés (**Miguel et al., 2017**). Le principal minéral est le potassium qui représente environ un tiers du total, mais il existe une grande variété d'oligo-éléments tels que magnésium, calcium, fer, phosphore, sodium, manganèse, iode, zinc,La teneur en oligo-éléments du miel est principalement influencée par l'origine botanique du miel, et le type de sol (**Bogdanov, 2016 ; Miguel et al., 2017**).

II.7. Composés phénoliques

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires (**Bogdanov et al., 2004**) qui sont incorporés dans le miel via le nectar et le pollen des plantes visitées par l'abeille domestique (**Alvarez-Suarez et al., 2013**).

Les polyphénols constituent un groupe de composés essentiels pour l'aspect et les caractéristiques fonctionnelles du miel et ce sont des composés connus pour avoir des propriétés antioxydantes. Les miels de couleur foncée contiennent plus de phénols que les miels de couleur claire. De 56 à 500 mg/kg de polyphénols ont été trouvés dans différents types de miel. Les principaux polyphénols sont les flavonoïdes (quercétine, lutéoline, kaempférol, apigénine, chrysin, galangine) allant de 60 à 460 µg / 100 g de miel, suivi par les acides phénoliques (acides benzoïque, phénylacétique et hydroxycinnamique) (**Bogdanov et al., 2013 ; Alvarez-Suarez et al., 2013**).

II.8. Pollen

Le pollen est collecté par l'abeille pour ses propres besoins, comme l'alimentation des larves (**Gilles, 2011**). L'origine botanique du miel peut être déterminée en observant attentivement les grains de pollen (**Nair, 2014**).

Le pollen se trouve dans les anthères des plantes à graines sous forme de grains de 2,5 à 250 µm. Selon les différentes origines botaniques, les grains se différencient par leur forme (rondes, cylindriques, en forme de cloche, triangulaires ou épineuses), leur couleur (qui est variée allant du jaune vif au noir), leur taille et leur poids qui égal à une dizaine ou plusieurs dizaines de microgrammes.

Le pollen est un produit végétal assez varié et riche en substances biologiquement actives. Sa teneur moyenne en protéines est de 22,7 %, et celle des glucides, des lipides et des composés phénoliques est 30,8 %, 0,1 % et 1,6 %, respectivement. Le pollen est une source assez importante de vitamines liposolubles (0,1 %) et hydrosolubles (0,6 %). Les bioéléments se présentent avec un taux de 1,6 %, y compris les macronutriments (Mg, P, Na, K...) et les micronutriments (Fe, Cu, Zn...) (**Komosinska-Vassev *et al.*, 2015**).

III. Propriétés physico-chimiques du miel

Les propriétés physico-chimiques du miel jouent un rôle crucial dans la détermination de sa fraîcheur, de ses conditions idéales de stockage et de sa qualité.

III.1. Couleur

La couleur du miel varie du jaune clair à l'ambre, ambre foncé et noir dans les cas extrêmes et parfois même des teintes vertes ou rouges peuvent apparaître. Cette caractéristique est la principale pour sa classification, selon les normes de couleur approuvées par le Département de l'Agriculture des États-Unis (USDA) (**Ibrahim *et al.*, 2012**). Plus le miel est clair, moins il est riche en minéraux et inversement (**Blanc, 2010**). Les caroténoïdes, les composés phénoliques, les minéraux et les acides aminés (tyrosine, tryptophane) sont responsables de la couleur du miel (**Lequet, 2010**).

III.2. Indice de réfraction

L'indice de réfraction du miel est inversement proportionnel à sa teneur en eau. Il varie entre 1,5041 et 1,4915 pour une teneur en eau entre 13 et 18 % (**Terrab *et al.*, 2004**). La teneur en eau est un paramètre crucial lié au degré de maturité du miel et elle est responsable de sa stabilité lors de stockage (**Belhaj *et al.*, 2015**).

III.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique d'une solution aqueuse exprime son aptitude à conduire un courant électrique et elle est influencée par le pH de la solution ainsi que sa teneur en minéraux. Cette mesure est considérée comme un paramètre important pour distinguer les miels de nectar (avec une conductivité $<0,8$ mS/cm) des miels de miellat (avec une conductivité $>0,8$ mS/cm) et elle est souvent utilisée dans les contrôles qualité du miel (**Belhaj *et al.*, 2015**). De plus, les miels foncés ont généralement une meilleure conductivité électrique que les miels clairs (**Belay *et al.*, 2013**).

III.4. pH

En général, le miel est de nature acide quelle que soit son origine géographique et botanique (**Belay *et al.*, 2013**). Leur pH varie entre 3,2 et 5,5. Les miels de nectar ont un pH faible (de 3,3 à 4,0) tandis que les miels de miellat ont un pH un peu plus élevé (de 4,5 à 5,5) (**Gonnet et Vache, 1985**). L'acidité du miel est due à la présence des acides organiques ainsi que d'ions inorganiques (**Terrab *et al.*, 2002**).

III.5. Hydroxyméthylfurfural (HMF)

L'Hydroxyméthylfurfural (HMF) est un indicateur crucial de la fraîcheur et de la pureté du miel, sa concentration ne doit pas dépasser 40 mg/kg (**Boussaid *et al.*, 2018**). Ce composé est formé par la déshydratation des sucres hexoses. L'HMF n'est présent qu'à l'état de traces dans le miel frais, sa concentration augmente avec le stockage et le chauffage prolongé du miel (**Ibrahim *et al.*, 2012**).

Le taux d'HMF est influencé par le type de sucres présents dans le miel, tels que le fructose et le glucose, comme relevé par **Gras *et al.* (2014)**.

III.6. Proline

La proline du miel provient des abeilles et du nectar des plantes. Sa teneur donne des informations sur la maturité du miel et peut servir à détecter des falsifications. Un miel est arrivé à maturité lorsque son taux en proline est supérieur à 183 mg/kg (**Amri *et al.*, 2007**).

IV. Activités biologiques

IV.1. Activité antioxydante

Le miel contient plusieurs antioxydants, parmi lesquels la glucose oxydase, la catalase, l'acide ascorbique, les acides organiques, les acides aminés, les protéines et les caroténoïdes, ainsi que des acides phénoliques et des flavonoïdes (**Balas, 2015**).

L'activité antioxydante du miel se réfère à sa capacité à neutraliser les radicaux libres, des molécules très réactives pouvant causer des dommages importants aux protéines, à l'ADN cellulaire et aux membranes cellulaires (**Tomczak, 2010**). Plusieurs facteurs affectent cette capacité, notamment la source florale du nectar butiné, la saison, le type de sol et le climat (**Balas, 2015**).

IV.2. Activité antimicrobienne

Les miels présentent des propriétés inhibitrices contre la croissance des micro-organismes (**Bogdanov, 2016**). Cette activité antimicrobienne est attribuée à différentes substances présentes dans le miel et varie en fonction de son origine botanique (**Balas, 2015**).

Les composants dérivés des abeilles, comme l'enzyme glucose oxydase et le peptide défensine-1, sont essentiels pour l'activité antimicrobienne du miel. Ces substances, introduites par les abeilles, protègent le miel stocké dans la ruche, garantissant ainsi la survie des larves au début du printemps. En outre, les polyphénols, notamment les flavonoïdes et les acides phénoliques, augmentent le potentiel antibactérien et antifongique du miel (**Majtan *et al.*, 2021**).

V. Analyses polliniques

L'analyse pollinique est une méthode qui consiste à étudier les grains de pollen contenus dans le miel afin d'en déterminer ses origines botanique et géographique. Cette approche repose sur la corrélation entre les types de pollen retrouvés dans le miel et les espèces végétales en fleurs dans la région où les abeilles ont butiné (**Aronne et De Micco, 2010**). La figure 1 montre quelques formes de pollen de familles de plantes qui peuvent être présentes dans un miel.

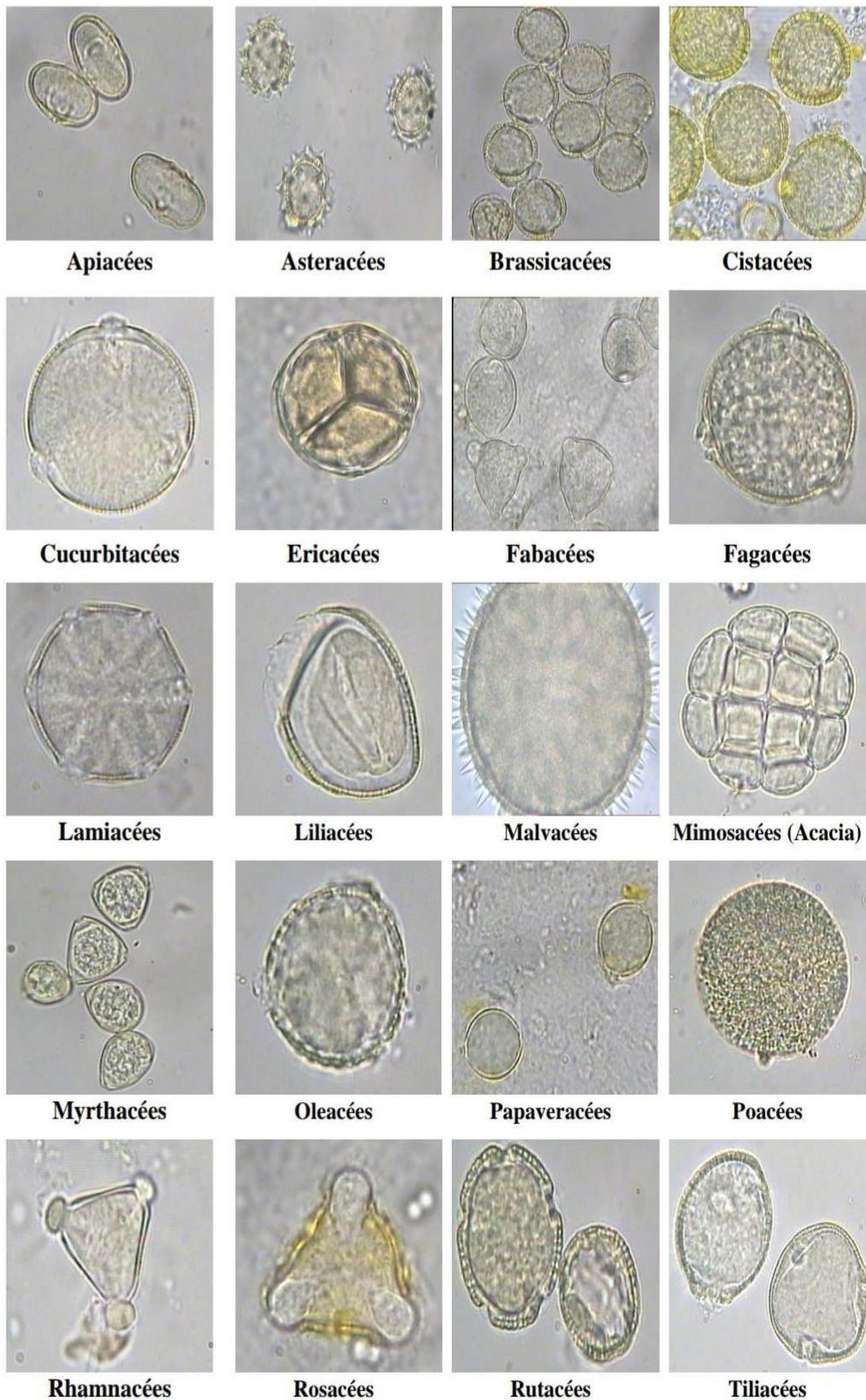


Figure 1: Images de quelques grains de pollen présents dans les miel (CETAM, Centre d'Études Techniques Apicoles de Moselle, France).

Chapitre II. Généralités et composition chimique de la viande de bœuf

I. Définition

Le mot "viande" fait référence à toutes les parties comestibles provenant des animaux mammifères et de certains types d'oiseaux. Elle englobe principalement le tissu musculaire, puis le tissu adipeux, ainsi que quelques organes internes (**Belitz *et al.*, 2009**).

En tant que nutriments essentiels, la viande et les produits à base de viande sont des sources essentielles de protéines de qualité supérieure, de graisses et de minéraux (**Aminzare *et al.*, 2016**).

II. Composition chimique de la viande

La viande est généralement constituée d'eau, de graisses, de protéines, de minéraux et d'une faible quantité de glucides. La protéine est le composant le plus essentiel du point de vue nutritionnel (**Heinz *et al.*, 2007**). Le tableau I illustre la composition moyenne du muscle squelettique.

Tableau I : Composition moyenne du muscle squelettique (**Coibion, 2008**).

Composants	Pourcentage (%)
Eau	75
Protéines	18,5
Lipides	3
Glucides	1
Substances azotées non protéiques	1,5
Minéraux	1

II.1. Protéines

Les protéines d'origine animale, notamment celles présentes dans les viandes, sont riches en acides aminés. Elles constituent environ 18 % du poids du muscle, représentant ainsi la fraction la plus importante après l'eau (**Tome, 2008**). Celles-ci sont particulièrement riches en acides aminés essentiels, en particulier en acides aminés soufrés et en lysine. Cette composition nutritionnelle les rend précieuses sur le plan alimentaire (**Laurent, 1974**).

II.2. Lipides

Les lipides présents dans les muscles de la viande se composent principalement de triglycérides de réserve, qui représentent environ 85 % des lipides totaux, de phospholipides ou lipides membranaires (12 %) et de cholestérol (3 %) (**Bonnet *et al.*, 2010**). Ils se trouvent principalement dans la fibre musculaire ou dans le tissu conjonctif entre les faisceaux musculaires (**Craplet, 1966**).

Environ 45 à 55 % des acides gras dans la viande sont indispensables ou essentiels pour le corps humain, soulignant l'importance des lipides dans notre alimentation (**Geay *et al.*, 2002**).

II.3. Glucides

La viande contient environ 2 % de glucides, principalement sous forme de glycogène, qui constitue une réserve énergétique essentielle pour la contraction musculaire. La viande est pauvre en glucides (**Craplet *et al.*, 1979**).

Pendant la maturation de la viande, le glycogène musculaire se transforme en acide lactique, rendant la teneur en glucides négligeable (**Monin et Ouali, 1991**).

II.4. Vitamines

Les viandes, en particulier la viande rouge, sont riches en vitamines du groupe B telles que les vitamines B2, B3, B6, B9 et B12. Elles agissent comme coenzymes et elles sont essentielles à de nombreux processus biologiques. Par exemple, la vitamine B12, exclusivement d'origine animale, est cruciale pour la synthèse de l'ADN, la formation des cellules nerveuses et des globules rouges. De même, la vitamine B9 est nécessaire au développement embryonnaire et se trouve en quantité significative dans le foie, offrant une biodisponibilité élevée (**Biesalski et Nohr, 2009**).

Les viandes se caractérisent par leur pauvreté en vitamines liposolubles, notamment les vitamines A, D, E, K et la vitamine C. La teneur en vitamines des viandes est influencée par l'alimentation des animaux (**Craplet, 1966**).

III. Races bovines en Algérie

Un troupeau de bovins peut être formé de trois races distinctes.

➤ Races locales

- ❖ **La race brune de l'Atlas** : cette race se distingue par sa couleur de robe variant du fauve brunâtre au rouge brun et gris foncé, ainsi qu'une musculature de taille moyenne. Son poids se situe généralement entre 250 et 300 kg (**Nedjraoui, 2001**).
- ❖ **La Guelmoise** : Cette variété possède une fourrure d'un ton gris foncé et est habituellement présente dans les régions forestières, avec une population principalement localisée dans les régions de Guelma et Jijel (**Feliachi, 2003**).
- ❖ **La Cheurfa** : Cette race se distingue par sa fourrure blanchâtre et est habituellement trouvée dans les zones forestières ou prairiales (**Nedjraoui, 2001**).
- ❖ **La Chélifienne** : Cette race est identifiable par sa couleur fauve et se trouve dans les monts de Dahra (**Feliachi, 2003**).
- ❖ **La Djerba** : Présente dans la région de Biskra, elle se distingue par sa couleur brune foncé et sa petite taille, ce qui lui permet de s'adapter aux environnements extrêmement difficiles du Sud (**Feliachi, 2003**).
- ❖ **La Kabyle et la Chaouia** : Cette race, localisée en Kabylie, est issue de croisements entre la Guelmoise et la Cheurfa, résultant des évolutions de l'élevage bovin (**Feliachi, 2003**).
- ❖ **Les populations de l'Ouest** : Elle est présente dans les montagnes de Tlemcen et de Saïda. Elle a été croisée avec une race ibérique (**Kirat, 2007**).

➤ Races à hautes potentielles de productivité

Les races à haut potentiel génétique pour la production laitière, également connues sous le nom de bovins laitiers modernes (BLM), sont des races européennes importées qui ont été introduites dans le pays depuis la période coloniale (**Eddebarh, 1989**).

➤ Races améliorées ou mixtes

Les races résultent de croisements entre la race locale et diverses races importées dans le but d'améliorer la production. Bien que ces races importées aient un potentiel génétique élevé, leurs performances sont moindres par rapport à celles observées dans leurs pays d'origine (**Nadjaoui, 2001**).

IV. Qualités de la viande

IV.1. Qualité technologique de la viande

❖ pH

Le pH de la viande, proche de 7, est principalement le résultat de la dégradation du glycogène immédiatement après l'abattage (**Craplet, 1966**). Le pH de la viande est principalement une caractéristique chimique, qui est crucial pour sa conservation et sa transformation. Il est souvent considéré en lien avec les qualités technologiques et il influence également les caractéristiques organoleptiques, notamment la couleur (**Offer et Knight, 1988**).

❖ Teneur en eau

La teneur en eau du muscle est de 90 à 95 %. L'eau liée représente 5 à 10 % (**Coibion, 2008**). Cette quantité d'eau peut varier en fonction de divers facteurs, notamment l'âge, le type de muscle et la teneur en lipides. Par exemple, pour la viande de dromadaire, la teneur en eau diminue avec l'âge, passant de 77,07 à 74,80 % (**Bouras et Moussaoui, 1995**). La viande de mouton contient environ 64 % d'eau (**Laurent, 1974**).

❖ Matières minérales

Les viandes jouent un rôle crucial dans l'apport en minéraux essentiels à l'organisme humain (**Murat, 2009**). Elles représentent notamment une source importante de fer héminique, qui est mieux absorbé que le fer non héminique. Les viandes sont également les aliments les plus riches en sélénium, avec une teneur moyenne d'environ 9 µg pour 100 g (**Interbew, 2005**).

En revanche, les viandes rouges sont caractérisées par une faible concentration de calcium et une forte teneur en phosphore (**Craplet, 1966**).

IV.2. Qualités organoleptiques

❖ Couleur

La couleur de la viande, première caractéristique perçue par le consommateur, est essentielle pour évaluer sa fraîcheur. Principalement liée à la myoglobine, sa teinte varie en fonction de son état d'oxygénation : rouge pourpre en absence d'oxygène, rouge vif en présence d'oxygène et rouge-brun une fois oxydée (**Clinquart et al., 2000**).

❖ Tendreté

La tendreté, essentielle pour la qualité de la viande, représente sa facilité à être coupée, en faisant partie des composants mécaniques de sa texture. De nombreux consommateurs la considèrent comme l'un des critères les plus importants, juste après la jutosité (Clinquart *et al.*, 2000).

❖ Jutosité

La jutosité dépend de la capacité de rétention d'eau de la viande, de la quantité de lipides qu'elle contient et possiblement de la nature de ces lipides. Elle repose sur deux aspects principaux, d'abord, l'eau se libère dès le début de la mastication. Ensuite, une sensation de jutosité prolongée est produite par la stimulation de la salivation par les lipides (Monin, 1991).

❖ Flaveur

La saveur de la viande est influencée par sa composition chimique et les modifications qu'elle subit lors de la cuisson. Cette saveur est développée grâce à divers composés solubles dans l'eau et dans les graisses (Monin, 1991).

IV.3. Qualités hygiéniques

La qualité hygiénique de la viande est cruciale pour les consommateurs car elle peut être affectée par la présence de micro-organismes dangereux, de parasites ou de substances toxiques. Ces contaminants peuvent apparaître à différentes étapes de la transformation de la viande (Chougui, 2015).

IV.4. Qualités nutritionnelles

C'est la capacité des aliments à fournir les éléments nutritifs essentiels à l'organisme, tels que les protéines, les lipides, les glucides, ainsi que diverses vitamines et oligo-éléments (Touraille, 1994).

La viande est une source majeure de nutriments essentiels pour une alimentation équilibrée, offrant des protéines de qualité, des minéraux comme le fer et le zinc, ainsi que des vitamines du groupe B (Chougui, 2015).

V. Altérations de la viande

La viande est un produit périssable et plusieurs éléments participent à son processus d'altération ou de dégradation (Yacouba, 2009).

V.1. Détérioration microbiologique

La viande est un milieu propice à la croissance des micro-organismes, principalement des bactéries protéolytiques, qui altèrent négativement son odeur, sa couleur et sa texture. De plus, elle peut être contaminée par des germes pathogènes produisant des substances toxiques (Guiraud, 2003).

V.2. Détérioration autolytique

Après la mort de l'animal, les enzymes, qui sont des protéines catalysant des réactions biologiques, restent actives. Elles commencent à décomposer les composants de la viande en unités plus petites, modifiant ainsi son odeur, son goût et sa texture. Quelques heures après la mort, la rigidité cadavérique (raideur de la viande) survient, suivie par un ramollissement de la viande grâce aux réactions enzymatiques (autolyse). Un traitement thermique, tel que la pasteurisation, permet d'inactiver ces enzymes (Maas-van Berkel *et al.*, 2005).

V.3. Oxydation des lipides

Les lipides sont l'un des composants les plus importants de la viande et des produits carnés. Les métaux de transition et les protéines héminiques, présents dans la viande, tels que la myoglobine et l'hémoglobine, agissent comme des agents pro-oxydants, favorisant ainsi l'oxydation des lipides insaturés (Tatiyaborworntham *et al.*, 2022). Lorsque les lipides s'oxydent, cela se traduit par l'apparition de caractéristiques organoleptiques indésirables comme une saveur rance, des changements de couleur, une altération de la texture et une détérioration de l'odeur (El-Sediek *et al.*, 2012).

La peroxydation lipidique est un processus complexe en trois étapes : initiation, propagation et terminaison (figure 2). Au début, des radicaux hydroxyles ($\text{OH}\cdot$) agissent comme initiateurs en arrachant un atome d'hydrogène des lipides insaturés, créant ainsi des alkyles ($\text{R}\cdot$). Ensuite, la propagation se produit lorsque ces radicaux alkyles réagissent avec l'oxygène pour former des radicaux peroxy ($\text{ROO}\cdot$). Ces radicaux peroxy réagissent ensuite avec d'autres lipides insaturés, créant des hydroperoxydes (ROOH) et de nouveaux radicaux alkyles, perpétuant ainsi le processus. Enfin, la réaction se termine par la combinaison de deux radicaux peroxy, formant des composés non radicalaires stables. Cette phase de terminaison génère divers composés, dont des composés volatils (aldéhydes, alcools, cétones) et des composés non volatils (oxy-monomères, oxy-dimères), dont la nature et la quantité dépendent des conditions de réaction (Jeuge *et al.*, 2012).

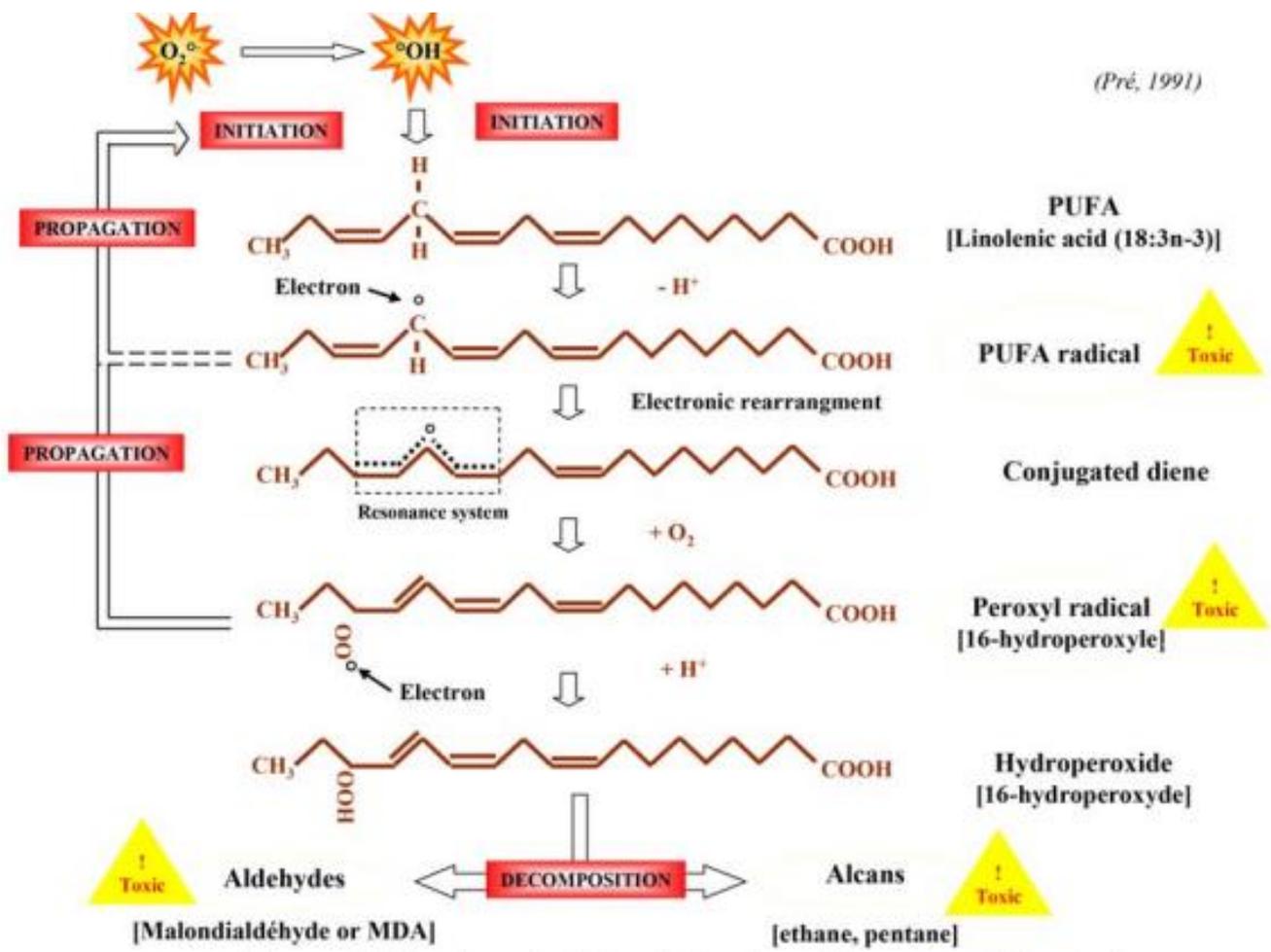


Figure 2 : Processus d'oxydation des acides gras polyinsaturés (Jeuge *et al.*, 2012).

VI. Méthodes de conservation de la viande

La conservation de la viande vise à maintenir sa qualité microbiologique en limitant la croissance des microorganismes, tout en préservant ses caractéristiques sensorielles et nutritionnelles en éliminant les mécanismes d'altération (**Durand *et al.*, 2006**).

VI.1. Salage

Le salage est l'un des plus anciens procédés de conservation de la viande. Il implique l'ajout de sel, souvent combiné à d'autres ingrédients. Cette étape est habituellement suivie par le séchage, le fumage ou la cuisson (**Yacouba, 2009**).

VI.2. Sucrage

Le sucre est aujourd'hui plus couramment utilisé pour conserver la viande car une quantité moindre est nécessaire par rapport au sel marin pour éviter la putréfaction, sans altérer le goût ou la valeur nutritive de la viande (**Brekel *et al.*, 2005**).

VI.3. Fumage

Le fumage est une technique ancienne de conservation de la viande qui implique l'exposition de la viande à la fumée produite par la combustion de végétaux. Cette méthode peut être aussi simple que de placer la viande au-dessus d'un feu ouvert. Les particules de fumée améliorent la saveur et la couleur de la viande (**Brekel *et al.*, 2005**).

VI.4. Séchage

Le séchage est une méthode physique qui consiste à éliminer l'eau contenue dans les produits frais en utilisant la température, la ventilation et l'hygrométrie de l'air. Ce processus présente deux principaux avantages : il réduit l'activité de l'eau dans le produit, inhibant ainsi la croissance des microorganismes et des réactions enzymatiques, et il réduit le poids et le volume du produit, ce qui est économique pour le conditionnement, le transport et le stockage (**Yacouba, 2009**).

VI.5. Congélation

La congélation constitue une méthode optimale pour maintenir les propriétés organoleptiques de la viande fraîche. La viande contient environ 50 à 75 % d'eau qui se transforme en glace lorsqu'elle est congelée. Ce mécanisme inhibe la croissance microbienne et réduit l'activité enzymatique. Un des avantages significatifs de la congélation réside dans la conservation de la valeur nutritionnelle de la viande durant l'entreposage, avec une perte négligeable de nutriments observée lors de la décongélation (**Pal et Devarni, 2018**).

VII. Les produits carnés

Un produit carné est un aliment préparé à partir de viande et qui subit divers processus de transformation, tels que le salage, le séchage, la fermentation, le fumage ou la cuisson, pour améliorer sa conservation, sa saveur et ses qualités nutritionnelles. Ces produits sont souvent associés à des pratiques culturelles et traditionnelles spécifiques et peuvent inclure des ingrédients comme des épices et des assaisonnements (**Gagaoua et Boudechicha, 2018**).

VIII. Utilisation du miel dans la conservation de viande

L'utilisation du miel dans la conservation de la viande repose sur ses propriétés antioxydantes et antimicrobiennes. Le miel réduit l'activité de l'eau, ce qui impacte l'oxydation. Il favorise également la réaction de Maillard pendant la cuisson, offrant un effet antioxydant (**Reddy et al., 2018**). Des études ont montré que l'incorporation du miel dans des produits carnés tels que le jambon, le bacon et les saucisses, le miel améliore la saveur, aide à lier les ingrédients, améliore la texture et ajoute de la couleur grâce à la caramélisation. Il permet également de masquer l'excès de salinité dans les produits salés (**El-Kalyoubi et al., 2014**). En plus de ses propriétés antioxydantes, le miel possède des propriétés antimicrobiennes qui aident à prolonger la durée de conservation de la viande en empêchant la détérioration microbienne. Le miel peut être directement ajouté aux formulations de produits carnés pour améliorer leur stabilité et leur qualité (**Reddy et al., 2018**).

Etude expérimentale

Chapitre I :
Matériel et méthodes

Partie expérimentale

Chapitre I : Matériel et méthodes

Le travail est effectué dans deux laboratoires, Biologie Physico-chimique 1 et Biochimie Alimentaire, de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie au sein de l'université Abderrahmane MIRA de Bejaia.

L'objectif principal de notre étude est d'évaluer l'efficacité des différents miels Algériens comme un agent de conservation pour les galettes crues et cuites de viande rouge (viande de bœuf) et de formuler une pâte à tartiner à base d'un mélange de viande et miel, en réalisant une série d'analyses telles que les analyses polliniques, les paramètres physico-chimiques, les activités antioxydantes et enfin une analyse sensorielle afin de déterminer les préférences globales des consommateurs vis-à-vis la nouvelle formulation de pâte à tartiner.

I. Echantillons

I.1. Echantillons de miel

Trois échantillons de miel, de l'année 2024, sont utilisés dans cette étude. Ils proviennent des wilayas de Bejaia et Tizi-Ouzou (figure 3, tableau II).

Tous les échantillons de miel sont mis dans des pots en verre et stockés à une température ambiante, à l'abri de la lumière et de l'humidité.

Tableau II : Caractéristiques des miels analysés.

Echantillons	Couleur	Consistance	Région de la récolte
H1	Marron foncé	Cristallisé	Ait Amrouyoub (Bejaïa)
H2	Marron foncé	Liquide	Adekar (Bejaïa)
H3	Jaune clair	cristallisé	Azeffoun (Tizi-Ouzou)



Figure 3 : Photographie des miels analysés (originale).

I.2. Echantillons de viande

Une masse de 1 kg de viande de bœuf fraîche est achetée dans une boucherie locale de la wilaya de Bejaia. L'échantillon est emballé, le jour même de son achat, de manière aseptique dans des sacs en plastique transparents, puis transporté immédiatement dans une glacière à 4 ± 2 °C dans un délai de 30 min vers le laboratoire. La figure 4 illustre la viande achetée pour l'analyse.



Figure 4 : Photographie de la viande utilisée (originale).

II. Profils polliniques

L'analyse pollinique vise à déterminer à la fois qualitativement et quantitativement les types de pollens présents dans le miel. Cette méthode utilise un microscope pour l'observation des échantillons, avec une comparaison des résultats obtenus à une base de données de référence (**Louveaux *et al.*, 1978**).

Pour explorer la relation entre les abeilles et les plantes, l'analyse pollinique est effectuée en suivant le protocole décrit par **Louveaux *et al.* (1978)**. Dans cette méthode, une solution de miel à 25 % (m/v) est centrifugée à 4500 tours / min pendant 10 min. Après élimination du surnageant, 10 mL d'eau distillée sont ajoutés au culot, puis soumis à une seconde centrifugation dans les mêmes conditions. Un volume de 100 µL du culot récupéré est ensuite étalé sur une lame en verre et recouvert d'une lamelle une fois séché.

L'identification des grains de pollen se fait à l'aide d'un microscope photonique avec l'objectif (G×40), en se référant aux bases de données numériques du CETAM (Centre d'Etudes Techniques Apicoles de Moselle, France).

III. Paramètres physico-chimiques des miels

III.1. Brix et humidité

L'humidité du miel est un paramètre important qui joue un rôle dans la stabilité et la cristallisation. Elle s'effectue par la détermination de l'indice de réfraction (IR) à 20°C à l'aide d'un réfractomètre Abbé (AR12). La mesure de cet indice permet la détermination de la teneur en eau selon la table de CHATWAY (Annexe 1).

Une goutte de miel liquide est étalée sur la platine du prisme du réfractomètre qui a été étalonné avec de l'eau distillée auparavant. Le brix et l'indice de réfraction sont lus à travers l'oculaire au niveau de la ligne horizontale de partage entre une zone claire et une zone obscure (**Bogdanov *et al.*, 1997**).

III.2. pH

Selon **Bogdanov (1997)**, le pH du miel est lu directement sur l'écran de pH mètre (HANNA, pH 213) après l'émersion de sa sonde dans une solution de 10 % (m/v).

III.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique est mesurée en utilisant la méthode décrite par **Bogdanov (1997)**. Une masse sèche de miel est pesée selon la formule :

$$MS = (5 \times 100 / 100 - Te)$$

Avec : **MS** : masse sèche, **Te** : Teneur en eau

La quantité déterminée de miel est dissoute dans 25 mL d'eau distillée. Après homogénéisation, la valeur de la conductivité électrique, exprimée en mS/cm, est alors lue directement à l'aide d'un conductimètre (HANNA, EC 214).

III.4. Couleur

❖ Intensité de couleur ABS₄₅₀

La coloration est une caractéristique physique importante du miel car elle est liée à son origine florale et à sa composition. Le chauffage, le vieillissement et la lumière vont assombrir la couleur du miel (**Lequet, 2010 ; Oudjet, 2012**). Selon la méthode décrite par **Bath et Singh (1999)**, une quantité de 1 g de miel est dissoute dans 4 mL d'eau distillée. Après une homogénéisation, les lectures sont effectuées à une longueur d'onde de 450 nm.

❖ Intensité de couleur L*a*b*

Les valeurs de couleur sont examinées à l'aide d'un chroma-mètre (modèle PCE-XXM 30) et les résultats sont exprimés en L* (luminosité), a*(rouge-violet) et b*(jaune-bleu). L'instrument est calibré avec un fond blanc avant la mesure de la couleur.

III.5. Dosage de l'HMF

L'HMF est un produit de décomposition des hexoses dans le miel frais. Il n'est présent qu'à l'état de trace et sa concentration augmente avec le stockage et le chauffage prolongé du miel. Selon le Codex Alimentarius et les normes de l'UE (l'Union Européenne), sa teneur maximale est de 40 mg/kg (**Bogdanov, 2016**).

Une masse de 5 g de miel est dissoutes dans 25 mL d'eau distillée. La solution obtenue est ensuite homogénéisée avec 1 mL de solution Carrez I (hexacyanoférrate de potassium, 15 %, m/v) et 1 mL de solution Carrez II (acétate de zinc, 30 % m/v).

Le mélange est transféré dans une fiole de 50 mL et ajusté jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée. Puis, la solution est filtrée à travers un papier Wattman, en éliminant les 10 premiers mL de filtrat.

Un volume de 5 mL de filtrat est ajouté à 5 mL d'eau distillée dans un tube à essai. De même, un blanc est réalisé avec un mélange de 5 mL de filtrat et 5 mL de solution de bisulfite de sodium à 0,2 % (m/v). Ensuite, la mesure de l'absorbance est effectuée à 286 nm et à 336 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV.

La concentration en HMF est calculée à l'aide de la formule suivante (**Bogdanov et al., 1997**) :

$$\text{HMF (mg/kg)} = (A_{284} - A_{336}) \times 149,7 \times 5/M$$

Avec : A_{284} et A_{336} : absorbance à 284 nm et 336 nm. **149,7** : constante. **M** : masse (g) de l'échantillon de miel.

III.6. Dosage de la proline

La méthode décrite par **Bogdanov et al. (1997)** est utilisée pour déterminer la teneur en proline des miels. Cette méthode colorimétrique implique plusieurs étapes. Tout d'abord, trois tubes contenant chacun 500 μ L de solution aqueuse de miel (5 %, m/v) sont préparés, ainsi que trois tubes de référence contenant 500 μ L de solution de proline et un tube blanc contenant 500 μ L d'eau distillée. Ensuite, à chaque tube à essai, un volume de 1 mL d'acide formique et 1 mL de ninhydrine éthanolique (3 %, m/v) sont ajoutés. Après agitation et chauffage à 100 °C dans un bain-marie pendant 15 min, les solutions sont transférées à 70 °C pendant 10 min. Par la suite, 5 mL de 2-propanol (50 %, v/v) sont ajoutés à tous les tubes. Après une incubation de 45 min, les absorbances sont mesurées à 510 nm. Le taux de proline est donné par la formule ci-dessous :

$$\text{Proline (mg/kg)} = (A_E/A_S) \times (M/m) \times 80$$

Avec : A_E : absorbance de l'échantillon du miel. A_S : absorbance de la solution standard de la proline. **M** : mg de la proline pour la solution standard. **m** : quantité du miel. **80** : facteur de dilution

III.7. Dosage des protéines

La méthode de Bradford est une technique de quantification colorimétrique employée pour déterminer la concentration des protéines en solution à une longueur d'onde de 595 nm. Cette méthode repose sur l'absorption par le bleu de Coomassie G 250 qui subit un changement de couleur, passant du vert foncé au bleu lorsqu'il se lie aux acides aminés basiques des protéines (groupement NH_3^+).

La méthode utilisée pour déterminer la teneur en protéines est celle de **Azeredo *et al.* (2003)**. Un volume de 5 mL de réactif de Bradford est mélangé à 0,1 mL de solution de miel (50 %, v/v). Les 100 μL de solution de miel sont remplacés par 100 μL d'eau distillée dans le blanc. L'absorbance est mesurée à 595 nm après une incubation de 2 min. Les résultats sont exprimés en mg équivalents de sérum albumine bovine (BSA) par 100 g de miel, en utilisant la courbe d'étalonnage de BSA ($y = 0,486x - 0,0184$; $R^2 = 0,991$) (Annexe 2, Figure 1).

IV. Dosage des antioxydants

IV.1. Composés phénoliques totaux

Le mélange d'acide phosphotungstique ($\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($\text{H}_3\text{PMO}_{12}\text{O}_{40}$), constituants du réactif de Folin-Ciocalteu, utilisé pour doser les composés phénoliques, est réduit lors de l'oxydation des phénols en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène, dont l'absorption maximale est comprise entre 725 et 750 nm. La couleur bleue ainsi générée est proportionnelle à la concentration des composés phénoliques totaux (**Boizot et Charpentier, 2006**).

Selon la méthode de **Naithanie *et al.* (2006)**, un volume de 100 μL de la solution de miel (10 %, m/v) est mélangé avec 100 μL de Folin-Ciocalteu (50 %, v/v) et 2 mL de carbonate de sodium (2 %, m/v). Les 100 μL de la solution de miel sont remplacés par 100 μL d'eau distillée dans le blanc. Les échantillons et le blanc sont incubés à l'obscurité pendant 30 min, puis la lecture est effectuée à 750 nm.

Les teneurs en composés phénoliques sont calculées en se référant à la courbe d'étalonnage établie à l'aide d'un standard « l'acide gallique ». Les résultats sont exprimés en mg équivalents d'acide gallique par 100 g de miel (mg EAG/100g) ($y = 5,0425x + 0,0513$; $R^2 = 0,993$) (Annexe 2, Figure 2).

IV.2. Flavonoïdes

Le principe de la méthode du dosage des flavonoïdes repose sur la formation d'un complexe entre le chlorure d'aluminium et les atomes d'oxygène situés sur les carbones 4 et 5 des flavonoïdes (Lagnika, 2005).

La détermination de la teneur en flavonoïdes des miels est quantifiée par la méthode colorimétrique décrite par Al *et al.* (2009). Après avoir mélangé 1 mL de solution de miel (50 %, m/v), 300 µL de nitrite de sodium (5 %, m/v), 4 mL d'eau distillée et 300 µL de chlorure d'aluminium (10 %, m/v) sont ajoutés après 5 min. Après 6 min d'incubation, un volume de 2 mL d'hydroxyde de sodium (1M) est additionné au mélange réactionnel. L'absorbance est mesurée à 510 nm. Les résultats sont exprimés en mg équivalents de quercétine pour 100 g de miel (mg EQ/100 g), en se référant à une courbe standard de quercétine ($y = 7,2458x + 0,024$; $R^2 = 0,9778$) (Annexe 2, Figure 3).

V. Activités antioxydantes

V.1. Test de DPPH (2,2-diphényl-1-hydrazyl-hydrate)

Le DPPH est un radical azoté stable. Il est largement utilisé pour évaluer la capacité d'une substance à piéger les radicaux libres, indiquant ainsi son activité antioxydante. Cette capacité est déterminée par la réduction de l'absorbance à 517 nm d'une solution alcoolique de DPPH. Les antioxydants présents dans l'échantillon agissent en tant que donneurs d'hydrogène, convertissant le radical DPPH en une forme non radicalaire, le DPPH-H (Bakchiche *et al.*, 2017).

La méthode de Meda *et al.* (2005) est utilisée pour évaluer la capacité des antioxydants présents dans le miel à réduire le radical DPPH. Pour cela, un volume de 500 µL d'une solution aqueuse de miel (à 2,5 %) sont ajoutés à 1 mL d'une solution éthanolique de DPPH (6×10^{-5} M). Deux tubes sont préparés en parallèle : un tube blanc contenant 1 mL d'éthanol et un tube témoin positif contenant 1 mL de solution DPPH. Après une incubation de 15 min, l'absorbance est mesurée à une longueur d'onde de 517 nm. Le taux de réduction est calculé en utilisant la formule suivante :

$$\text{Activité anti-radicalaire (\%)} = [(A_C - A_E / A_C)] \times 100$$

Avec : A_C : Absorbance du contrôle (1 mL de solution DPPH). A_E : Absorbance de l'échantillon.

V.2. Test de pouvoir réducteur

La méthode du pouvoir réducteur implique la conversion du chlorure ferrique (FeCl_3) en chlorure ferreux (FeCl_2) en présence d'hexacyanoferrate de potassium ($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$). Cette réaction se déroule dans un milieu acidifié grâce à l'acide trichloroacétique (TCA) (10 %, m/v). L'hexacyanoferrate de potassium agit comme un agent chromogène, induisant le développement d'une couleur verte, son intensité est directement proportionnelle au pouvoir réducteur de l'échantillon testé (**Gülcin *et al.*, 2005**).

Un volume de 500 μL d'une solution aqueuse de miel (2,5 %, m/v) est mélangé avec 500 μL de tampon phosphate (pH 6,6) et 500 μL de solution de potassium hexacyanoferrate (1 %, m/v). Après une homogénéisation suivie d'une incubation au bain marie à 50 °C pendant 20 min, un volume de 500 μL de solution de TCA (10 %, m/v) est ajouté pour arrêter la réaction. Ensuite, 100 μL de chlorure ferrique (FeCl_3) (1 %, m/v) sont additionnés avec 500 μL de ce mélange, puis dilués avec 800 μL d'eau distillée. Les absorbances sont lues à 700 nm après 10 min d'incubation (**Beretta *et al.*, 2005**).

Les résultats sont exprimés en mg équivalents d'acide gallique par 100 g de miel (mg EAG/100 g) en se basant sur une courbe standard d'acide gallique ($y = 4,69x + 0,0105$; $R^2 = 0,9973$) (Annexe 2, Figure 4).

V.3. Test de ferrozine

La ferrozine réagit avec les ions Fe^{2+} libres pour former un complexe ferrozine- Fe^{2+} de couleur violette intense. Ainsi, toute diminution de l'absorbance de ce complexe indique la présence d'antioxydants capables de chélater les ions ferreux (**Zbadi, 2018**).

Un volume de 500 μL d'une solution de miel (2,5 %, m/v) est combiné avec 50 μL de chlorure de fer (II) à une concentration de 0,6 mM et 900 μl de méthanol. Après un laps de temps de 5 min, 100 μL de solution ferrozine à une concentration de 10 mM sont ajoutés au mélange. La lecture de l'absorbance est effectuée à une longueur d'onde de 562 nm après une période d'incubation de 10 min (**Wang *et al.*, 2008**).

Les résultats de l'activité chélatrice du miel sont calculés en utilisant la formule suivante :

$$\text{Activité chélatrice du fer (\%)} = (1 - [A_1 - A_2] / A_0) \times 100$$

Avec : A_0 : Absorbance du contrôle (1 mL de solution ferrozine). A_1 : Absorbance de l'échantillon. A_2 : Absorbance sans la solution ferrozine.

VI. Marinade de la viande de bœuf avec le miel

VI.1. Préparation des galettes de bœuf enrichie en miel crues et cuites

Au niveau du laboratoire, la viande fraîchement achetée est découpée en petits morceaux puis broyée à l'aide d'un hachoir maison en inox en viande hachée.

La Figure 5 illustre des photographies de la préparation de la viande rouge hachée dans le but de formuler des galettes.



Figure 5 : Photographies des préparations de la viande hachée.

Remarque :

Avant toute manipulation, la paillasse de travail et le matériel utilisés sont soigneusement désinfectés avec l'éthanol (70 %), afin de réduire les risques de contamination croisées qui peuvent fausser les résultats. De plus, le hachoir utilisé est préalablement refroidi dans le réfrigérateur pendant 30 min.

Des masses de 10 g de viande hachée sont préparées afin de former des galettes (figure 6). Ces dernières sont formées en utilisant un moule rond afin d'assurer une forme homogène. Ensuite, elles sont marinées avec la solution de miel (5 % m/v) pendant 10 min et l'excès est éliminé en les passant sur un papier absorbant. Puis, elles sont emballées dans un film alimentaire transparent. Enfin, les galettes sont analysées le jour 0 et après 3, 6, 9, 12 et 15 jours de stockage à 4 ± 2 °C (Ayoob *et al.*, 2022).



Figure 6 : Photographies des galettes de viande de bœuf hachée formulées

GC : galette contrôle (sans marinade), G1, G2 et G3 : galettes marinées avec les miels H1, H2 et H3, respectivement.

❖ Cuisson des galettes de viande de bœuf hachée marinées en miel

D'autres galettes, préparées selon le même protocole de préparation des galettes crues, sont cuites dans une poêle jusqu'à ce que leur température interne atteigne 85 °C.

VI.2. Elaboration de la pâte à tartiner

La formulation des pâtes à tartiner à base de viande de bœuf et de miel est effectuée selon le protocole décrit par **Raziuddin *et al.* (2020)**. Tous les ingrédients utilisés dans la formulation des pâtes à tartiner sont achetés dans un marché local de la wilaya de Bejaia. Les pâtes condimentaires d'oignon, d'ail et de gingembre sont utilisées avec le rapport 3:2:1.

La Figure 7 illustre les ingrédients rentrant dans la formulation des pâtes à tartiner à base de viande de bœuf enrichie en miel.

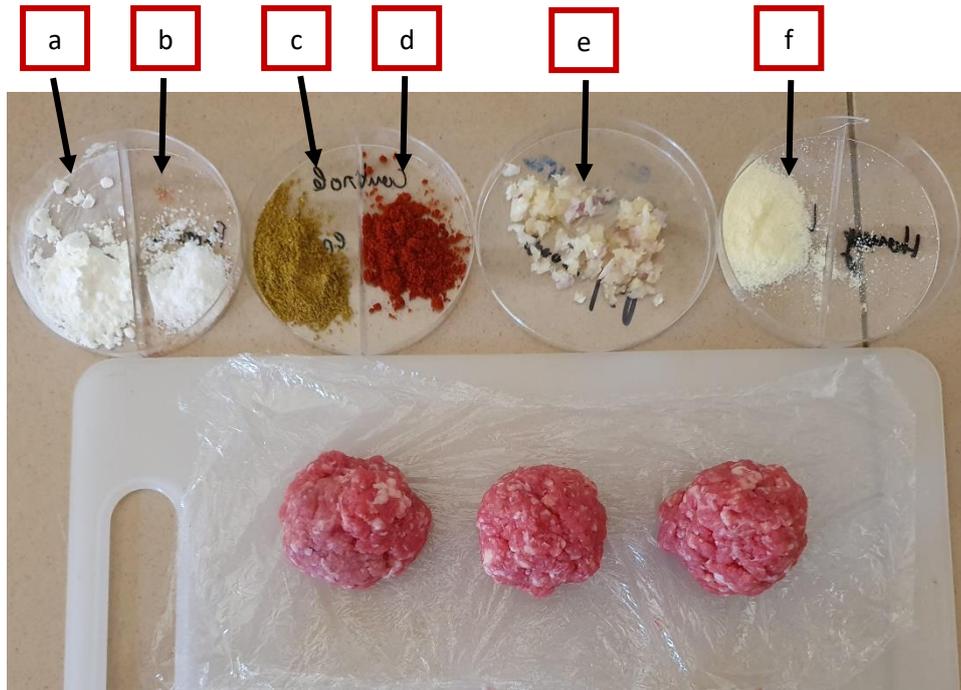


Figure 7 : Photographie des ingrédients utilisés dans l'élaboration de la pâte à tartiner.

Avec : **a** : amidon de maïs. **b** : sel. **c** : mélange d'épices de viande. **d** : paprika. **e** : condiments. **f** : lait écrémé.

Le tableau III présente les proportions des différents ingrédients utilisés lors de la formulation des pâtes à tartiner.

Tableau III : Proportion des ingrédients rentrant dans la formulation des pâtes à tartiner.

Ingrédients (%)	PTC	PT1	PT2	PT3
Viande de bœuf	48,3	48,3	48,3	48,3
Sel	2,23	2,23	2,23	2,23
Mélange d'épices de viande	1,47	1,47	1,47	1,47
Lait écrémé (poudre)	1,86	1,86	1,86	1,86
Condiments	5,95	5,95	5,95	5,95
Amidon de maïs	2,97	2,97	2,97	2,97
Paprika	1,00	1,00	1,00	1,00
Miel	00	5,00	5,00	5,00
Eau	36,17	31,17	31,17	31,17

PTC : pâte à tartiner contrôle, PT1, PT2 et PT3 : pâte à tartiner avec miel H1, H2 et H3, respectivement.

Les ingrédients (viande de bœuf, sel, mélange d'épice, paprika, lait écrémé, condiments et eau) sont complètement mélangés et mixés puis cuit en appliquant le processus de braisage à 85 ± 2 °C pendant 12 min (Ashish *et al.*, 2015). Après le braisage, le produit est refroidi à température ambiante et additionné de miel. Ensuite, il est mixé pendant 3 à 4 min dans un mixeur afin d'obtenir une consistance d'une pâte fine. Enfin, le produit final est conditionné dans des pots d'analyse stérile et conservé à température ambiante jusqu'à l'évaluation.

Les pâtes à tartiner de viande de bœuf formulées sont analysées sur la base de la couleur, des paramètres physico-chimiques, des propriétés antioxydantes et de l'évaluation sensorielle.



Figure 8 : Photographies des pâtes à tartiner.

VI.3. Paramètres physico-chimiques

VI.3.1. Couleur ($L^*a^*b^*$)

Un chroma-mètre de modèle PCE-XXM 30 est utilisé pour surveiller le changement de couleur des galettes pendant leur stockage. Ce dispositif mesure la couleur en terme de valeurs L^* (luminosité), a^* (positif = rougeur, négatif = vert) et b^* (positif = jaune, négatif = bleu). Les lectures de couleur sont prises à des endroits choisis aléatoirement sur les galettes, servant ainsi d'estimation pour évaluer le degré de décoloration de la viande. Egalement, la couleur des galettes cuites et des pâtes à tartiner est déterminée.

VI.3.2. pH

Le pH des galettes crues est mesuré à 0, 3, 6, 9, 12 et 15 jours en utilisant un pH mètre (HANNA, pH 213), tandis que le pH des galettes cuites et des pâtes à tartiner est mesuré après la cuisson. La sonde du pH mètre est émergée dans une solution aqueuse de viande de 10 % (m/v) et les résultats sont lus directement sur l'écran de pH mètre.

VI.3.3. Test d'humidité

L'humidité est déterminée selon la méthode de l'**Association of Official Analytical Chemistry (AOAC)**. Une masse de 1 g de viande est placée dans un creuset préalablement pesé, puis introduit dans une étuve à 101 ± 1 °C pendant 3 h. L'échantillon séché est ensuite transféré dans un dessiccateur contenant du gel de silice comme dessiccant. Après 5 h, le creuset est pesé de nouveau. L'humidité est calculée en utilisant la formule suivante :

$$\text{Humidité (\%)} = [(P2 - P3) / (P2 - P1)] \times 100$$

Avec : **P1** : Poids du creuset vide **P2** : Poids du creuset et l'échantillon **P3** : Poids du creuset et l'échantillon séché

VI.3.4. Test de cuisson

La préparation des aliments par différentes méthodes de cuisson peut entraîner des variations dans la qualité des nutriments ainsi qu'un changement de poids important, principalement dû à la libération ou à l'absorption d'eau et/ou de graisse. Le facteur le plus important contribuant à ce changement de poids est généralement la variation de la teneur en eau des aliments ou des recettes (**Lisciani et al., 2022**).

Selon **Naveena et al. (2008)** une quantité de 10 g des galettes de viande de bœuf est préparée et pesée. Ensuite, les galettes sont cuites à 85 °C pendant 12 min. Après la cuisson, une deuxième pesée est effectuée. Le rendement de cuisson est calculé selon l'équation suivante :

$$\text{Rendement de cuisson (\%)} = (\text{Poids cuit} / \text{Poids cru}) \times 100$$

VI.4. Dosage des antioxydants

VI.4.1. Extraction

Une masse de 5 g de galettes de viande de bœuf ou de pâtes à tartiner est homogénéisée avec un volume de 25 mL d'acétone à 70 % (v/v), puis le mélange est conservé durant toute la nuit à 4 °C. Après une centrifugation, le surnageant est récupéré pour l'utiliser dans les différents dosages (**Naveena et al., 2008**).

Les dosages des composées phénoliques totaux et des flavonoïdes et les activités antioxydantes (test DPPH et pouvoir réducteur), des galettes de viandes de bœuf et des pâtes à tartiner, sont réalisés de la même manière que ceux décrits dans les **pages 24, 25 et 26**, respectivement.

VI.5. Tests d'oxydation des lipides

VI.5.1. Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde est largement utilisé pour évaluer la rancidité oxydative. Il mesure la concentration des peroxydes et des hydroperoxydes formés au début de l'oxydation des lipides (**Gheisari, 2011**).

L'indice de peroxyde est réalisé selon la méthode **ISO 3960 4^{ème} édition (2017)**. Dans un ballon, 2 g de la viande (galette ou pâte à tartiner) sont mélangés avec 12 mL de chloroforme, 18 mL d'acide acétique et 1 mL d'iodure de potassium (0,5 g/mL). L'ensemble est incubé à l'obscurité pendant 1 min avant d'y ajouter 75 mL d'eau distillée et quelques gouttes d'empois d'amidon (0,005 g/mL). La titration est réalisée avec une solution de thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) à 0,01 N jusqu'à décoloration totale de la solution. En parallèle un essai à blanc (sans viande) est effectué. Les résultats, exprimés en meq O_2 / kg, sont calculés par la relation suivante :

$$\text{IP (meq O}_2\text{/ kg)} = \text{N} \times (\text{V}_1 - \text{V}_0) \times 1000/\text{p}$$

Avec : **IP** : indice de peroxyde. **V₀** : volume de la solution de thiosulfate de sodium pour l'essai à blanc en mL. **V₁** : volume de thiosulfate de sodium utilisé en mL. **N** : normalité de la solution de thiosulfate de sodium 0,01 N. **P** : prise d'essai en gramme.

VI.5.2. Test de TBARS

Le malondialdéhyde (MDA) est un résultat stable de la dégradation oxydative des acides gras polyinsaturés. Il sert de marqueur pour évaluer la peroxydation lipidique via le test TBARS (Thiobarbituric Acid Reactive Substances). Ce test est largement employé pour évaluer les effets de l'oxydation lipidique sur la viande et les produits carnés (**Amaral et al., 2018**).

La quantité de substances réactives à l'acide thiobarbiturique (TBA) présentes dans un échantillon de viande est mesurée selon la méthode suivante : 2 g de viande sont homogénéisés dans 16 mL de TCA (20 %, m/v). Ensuite, le mélange est centrifugé à 4000 tours / min pendant 15 min. Après centrifugation, 2 mL de la solution de TBA (20 mM) sont ajoutés à 2 mL du surnageant (appelé MDA extrait) et agités pendant 5 sec dans un vortex. Ensuite, ce mélange est chauffé dans un bain marie à 95 °C pendant 10 min. Une fois refroidi, l'absorbance est mesurée à une longueur d'onde de 534 nm (**Draper et Hadley, 1990**).

Les valeurs de TBARS sont déterminées à l'aide d'une courbe standard (de 8 à 50 nmole) de malondialdéhyde (MDA), qui est préparée fraîchement en acidifiant le 1,1,3,3-tétraéthoxypropane. Les niveaux de TBARS sont ensuite calculés en milligrammes de MDA par kilogramme d'échantillon.

VI.6. Détermination de la charge microbienne

La charge microbienne des galettes de la viande de bœuf crues est déterminée en réalisant un dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM) qui reflète sa qualité microbiologique générale. Une solution mère (10^{-1}) est préparée par la mise en suspension de 1g de viande dans 9 mL d'eau physiologique, puis une série de dilutions décimales est réalisée jusqu'à 10^{-4} dans des tubes à essai contenant 9 mL d'eau physiologique stérile. Après une bonne homogénéisation, 100 μ L des dilutions 10^{-2} et 10^{-4} sontensemencées en strie à l'aide d'un écouvillon et en utilisant une gélose PCA (Plate Count Agar) à raison 3 boîtes par dilution. Ensuite, les boîtes sont incubées à 30 °C pendant 72 h (**Ayoob et al., 2022**). Le nombre de colonies est calculé selon l'équation suivante :

$$N = \Sigma C / (n_1 + 0.1n_2) d$$

Avec : N : Nombre de colonies. C : Somme des colonies comptées sur les boîtes retenues (entre 20 et 300 colonies). n_1 : Nombre de boîtes retenues à la première dilution. n_2 : Nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution. d : Taux de dilution correspondant à la première dilution retenue.

VI.7. Evaluation sensorielle des pâtes à tartiner

L'analyse sensorielle par panel expert est effectuée par un groupe expert de 12 personnes (09 femmes et 03 hommes, âgés de 25 à 50 ans) d'université de Bejaia, enseignants, travailleurs et doctorants, préalablement formés et entraînés à l'évaluation sensorielle.

Les jurys ont évalué, en une seule séance, quatre pâtes à tartiner à base de viande de bœuf et de miel codées P0, P1, P2 et P3 présentées à 20 ± 2 °C dans de petites pots en plastique transparent. De l'eau minérale et du pain coupé en rondelles étaient à la disposition des jurys pour rincer leur bouche.

Les modalités sensorielles évaluées sont la couleur, l'odeur, le goût (sucré), l'arôme, la texture et la tartinabilité sur une échelle de 1 à 5. Egalement, l'acceptabilité de la pâte à tartiner à base de viande de bœuf enrichie en miel produite à l'échelle laboratoire est évaluée par test de préférence globale qui consiste à attribuer une note de 1 à 9 pour les quatre pâtes à tartiner, sachant que 1 correspond à " Pas du tout aimer " et 9 à " Extrêmement aimer" (**Balthazar *et al.*, 2018**).

Il est demandé à chaque expert de remplir un questionnaire (annexe 4) contenant toutes les informations relatives aux paramètres de dégustation après chaque dégustation des échantillons codés de pâtes à tartiner.

VI.8. Analyses statistiques

Les analyses sont réalisées en trois triplicates, les moyennes sont calculées avec Microsoft Office Excel 2016 et les résultats sont analysés statistiquement en utilisant le logiciel STATISTICA 7.1.2 (Statsoft Co., Tulsa, OK, USA). Le test ANOVA (analyse de la variance a un seul critère de classification) de Kruskal-Wallis est utilisé à un niveau de signification de 5 %. Les matrices de corrélation sont appliquées aux données présentées en utilisant $p < 0,05$, $p < 0,01$ et $p < 0,001$ dans le but de voir les corrélations existantes entre les pâtes à tartiner étudiées. L'ACP (Analyse en Composante Principale) est faite pour voir les similitudes entre les différents échantillons et déterminer les liens entre les variables (paramètres physico-chimiques, les composés phénoliques, flavonoïdes, les activités antioxydantes, l'indice de peroxyde et le TBA). Le traitement sensoriel est effectué à l'aide du logiciel XLSTAT 2024.1.0 (1418).

Chapitre II :
Résultats et discussion

Chapitre II : Résultats et discussion

I. Profils polliniques

L'analyse pollinique repose sur la corrélation entre les grains de pollen contenus dans le miel et les plantes productrices de nectar, ce qui permet de déterminer à la fois l'origine florale et géographique du miel (**Rasoloarijao *et al.*, 2014**).

Les résultats montrent que les trois échantillons du miel sont polyfloraux et contiennent plus de neuf espèces végétales différentes. Ils n'ont pas de type de pollen dominant comme le montre le tableau IV.

Les *Asteraceae* sont les plus abondants dans les échantillons de miels analysés, avec une fréquence de 33 %, ce qui suggère que les abeilles des deux régions (Bejaia et Tizi Ouzou) se nourrissent principalement de nectar de plantes de cette famille. Les familles *Apiaceae* et *Fabaceae* viennent ensuite avec des pourcentages respectifs de 30 et 24 %, suivie des *Rosaceae* à 10 %. En revanche, les quatre familles de pollens restantes (*Tiliaceae*, *Fagaceae*, *Ericaceae*, *Poaceae*) constituent que 11 % du pollen total et sont considérées comme pollens minoritaires ou très minoritaires.

Les résultats sont cohérents avec ceux obtenus dans l'étude de **Pospiech *et al.* (2021)** sur les miels de Tchéquie, qui ont identifié des pollens provenant des familles suivantes : *Asteraceae*, *Fagaceae*, *Fabaceae*, *Rosaceae*, *Tiliaceae* et *Apiaceae*. Cependant, **Guenaoui *et al.* (2024)** ont identifié d'autres types de pollen (*Myrtaceae*, *Liliaceae*, *Ericaceae*, *Eucalyptus*, *Poaceae*, *Lamiaceae*).

La quantité de pollen dans le miel est influencée par divers facteurs tels que la production de pollen des plantes, les conditions météorologiques, la distance entre la ruche et les champs de fleurs, la filtration par le proventricule de l'abeille, le diamètre du pollen et le processus d'extraction du miel (**Makhloufi *et al.*, 2010**).

Tableau IV : Composition pollinique et pourcentage de pollens des échantillons de miel analysés.

Echantillons de miel	Pollen dominant (≥ 45 %)		Pollen d'accompagnement (16 – 44 %)		Pollen minoritaire (15 – 3 %)		Pollen très minoritaire (< 3 %)	
	Type de pollen	Fréquence (%)	Type de pollen	Fréquence (%)	Type de pollen	Fréquence (%)	Type de pollen	Fréquence (%)
H1	Absence	–	<i>Apiaceae</i> <i>Rosaceae</i> <i>Fabaceae</i> <i>Asteraceae</i>	35 27 20 18	Absence	–	Absence	–
H2	Absence	–	<i>Asteraceae</i> <i>Fabaceae</i> <i>Apiaceae</i>	40 29 22	<i>Tiliaceae</i> <i>Fagaceae</i> <i>Ericaceae</i> <i>Rosaceae</i>	3 2 2 2	Absence	–
H3	Absence	–	<i>Asteraceae</i> <i>Apiaceae</i> <i>Fabaceae</i>	40 32 22	Autre <i>Poaceae</i>	3 2	<i>Tiliaceae</i>	1

II. Paramètres physico-chimiques

II.1. Brix

Le brix, lié à la quantité de sucres dans le miel, est un marqueur essentiel pour détecter les fraudes (**Habib et al., 2014**). Il mesure la quantité de sucres (en g) contenue dans 100 g de miel à 20 °C (**Dailly, 2008**).

Les résultats du degré brix des échantillons de miel sont présentés dans la figure 10, ils varient entre 78 et 80 %. Ces résultats dépassent la limite minimale établie par le **Codex Alimentarius (2001)** qui est de 65 %.

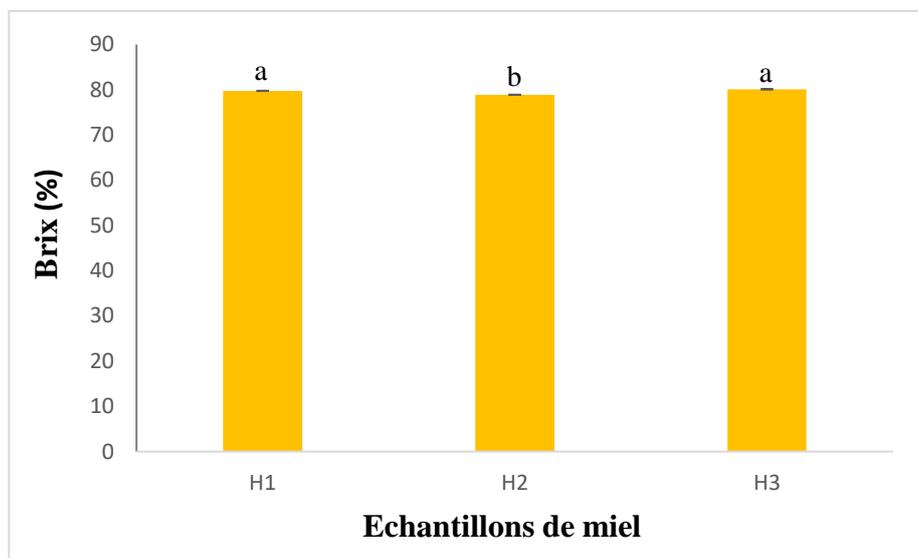


Figure 10 : Résultats de degré de brix des miels analysés.

Les résultats sont présentés sous forme de la moyenne \pm l'écart type. Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a > b > c$).

Le miel de Tizi-Ouzou (H3) montre une valeur de brix élevée (80 %) par rapport à celle de H2. Le brix des échantillons H1 et H3 n'est pas différent statistiquement ($p < 0,05$). Ces résultats sont cohérents avec les valeurs rapportées par **Kondegnan et al. (2021)** pour les miels de Togo (77 - 81,6 %), supérieurs à ceux des miels Brésiliens rapportés par **Damasceno do Vale et al. (2018)** (61,8 - 76,1 %) et de **Maitip et al. (2024)** pour les miels du Thailand (67,6 - 75,6 %) et inférieurs à ceux obtenus par **Guenaoui et al. (2024)** (81 - 84 %) pour les miels Algériens.

Ces variations peuvent résulter de l'origine botanique des plantes butinées pour leur miellat ou leur nectar, ainsi que des conditions environnementales, climatiques et de stockage (**Ouchemoukh et al., 2012**).

II.2. Teneur en eau

L'humidité du miel est un élément crucial à connaître car elle détermine sa qualité. Les miels dont la teneur en eau est inférieure à 18 % sont considérés comme bons à conserver car en dessous de 15 %, la fermentation ne se produit généralement pas. Une teneur en eau élevée favorise la fermentation, ce qui réduit sa durée de conservation (**Koudegnan *et al.*, 2021**).

Les humidités des trois échantillons analysés varient de 18 à 19 %. Ces résultats obtenus sont inférieurs à la norme fixée par **Codex Alimentarius (2001)** et de **l'Union Européenne** qui est de 20 % maximum. Cela indique que les échantillons de miel analysés sont correctement stockés, ont bien mûri et présentent un risque très faible de fermentation. La figure 11 présente les résultats des valeurs enregistrées.

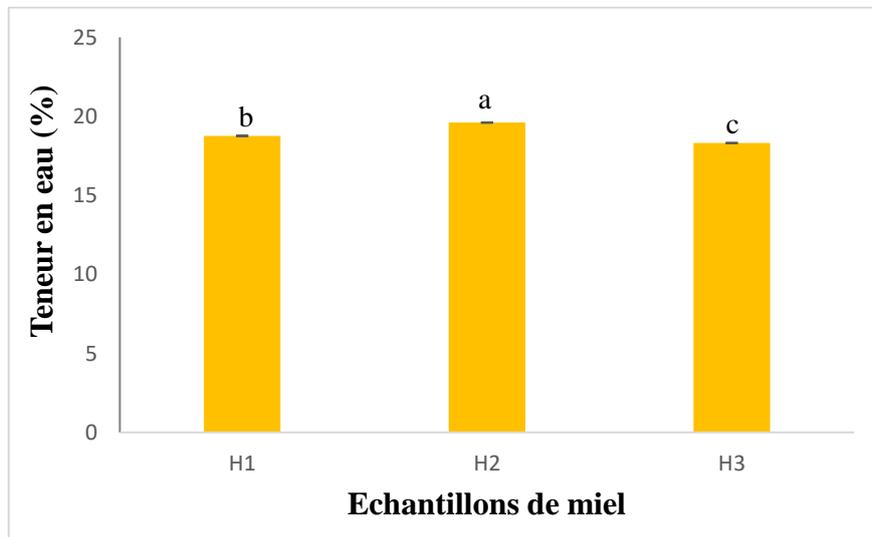


Figure 11 : Teneur en eau des échantillons de miel étudié.

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne \pm écart type. Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a > b > c$).

Les résultats sont différents de ceux obtenus par **Koudegnan *et al.* (2021)** sur les miels du Togo (16,6 à 21,4 %) et proche de ceux rapportés par **Abselami *et al.* (2018)** sur les miels de Maroc (15,39 à 19,37 %) et sont supérieurs à ceux de **Guenaoui *et al.* (2024)** sur les miels Algériens (14,11 à 17 %).

Les échantillons analysés montrent une différence significative ($p < 0,05$), ces variations peuvent être dues à divers facteurs, tels que les conditions environnementales, la force des colonies d'abeilles, l'origine florale et la manière dont les apiculteurs manipulent le miel lors de la récolte (**Ouchemoukh, 2012**).

II.3. pH

Le pH du miel, compris entre 3,5 et 5,5, est un paramètre crucial car son acidité inhibe la présence et la croissance des micro-organismes et influence sa texture, sa stabilité et sa durée de conservation (**Pauliuc et al., 2021**).

Les valeurs de pH des miels étudiés varient entre 3,94 et 4,29 (figure 12). Selon **Gonnet (1986)**, les miels dérivés du nectar ont un pH situé entre 3,5 et 4,5, tandis que ceux issus des miellats se situent entre 5 et 5,5. Les résultats obtenus indiquent que tous les miels sont d'origine de nectar ($< 4,5$).

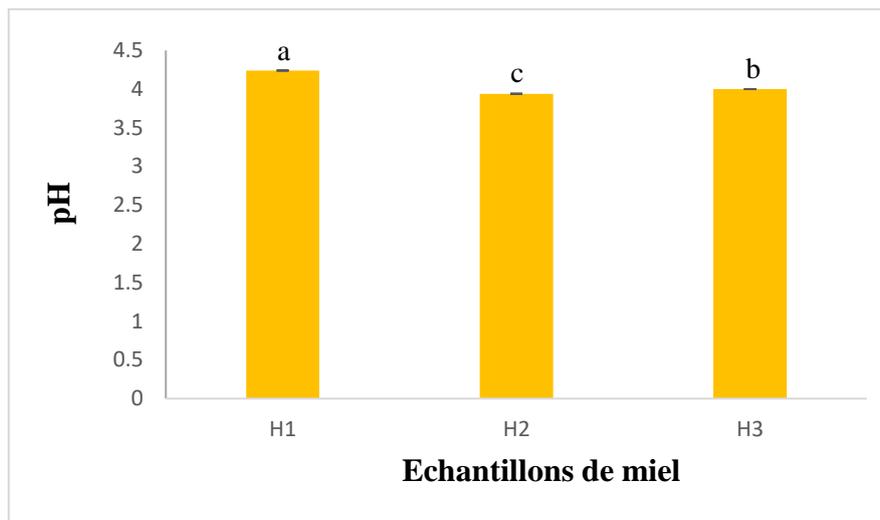


Figure 12 : pH des miels analysés.

Les résultats sont présentés sous forme de la moyenne \pm l'écart type. Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a > b > c$).

Les résultats obtenus sont similaires à ceux rapportés par **Maitip et al. (2024)** (3,02 à 4,15) sur les miels Thaïlandais et supérieurs à ceux rapportés par **Julika et al. (2019)** sur les miels Malaisiens (2,51 à 3,26). Ils présentent également une différence par rapport aux résultats enregistrés par **Guenaoui et al. (2024)**.

La variation du pH est attribuable à la flore butinée, à la sécrétion salivaire de l'abeille, ainsi qu'aux processus enzymatiques pendant la transformation de la matière première (**Doukani et al., 2014**).

II.4. Conductivité électrique

La conductivité électrique (CE) est un critère de qualité qui sert à évaluer la teneur en minéraux du miel et à distinguer les miels issus du miellat ($CE > 0,8$ mS/cm) de ceux provenant du nectar ($CE < 0,8$ mS/cm) (**Codex Alimentaire, 2001**). La conductivité électrique des échantillons varie de 0,45 (H3) à 3,33 mS/cm (H1) (figure 13).

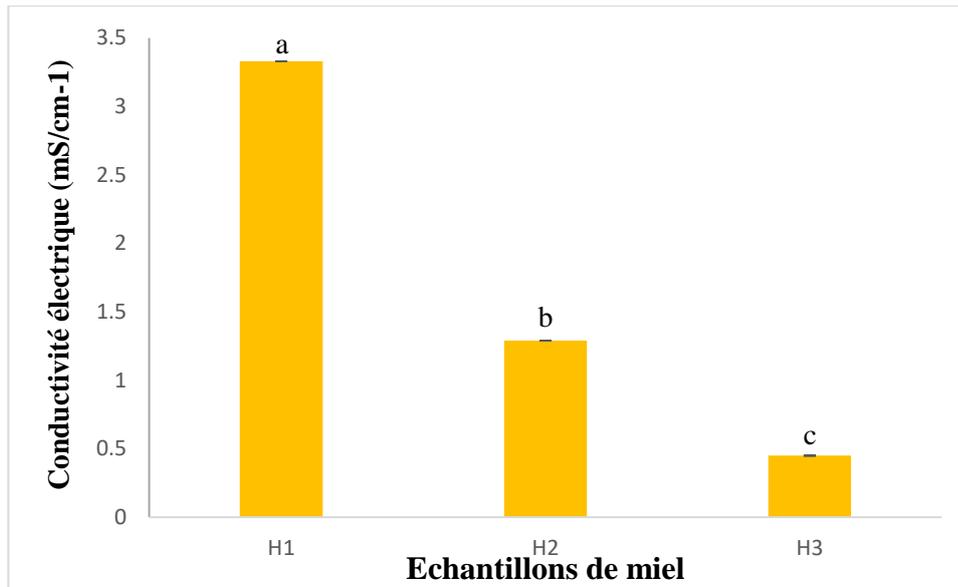


Figure 13 : Conductivité électrique des miels analysés.

Les résultats sont présentés sous forme de la moyenne \pm l'écart type ($n=3$). Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a>b>c$).

Les résultats de la conductivité électrique obtenus dépassent ceux rapportés par **Koudegnan *et al.* (2021)** qui varient de 0,26 à 1,39 mS/cm pour les miels du Togo, ainsi que les valeurs trouvées par **Amessis-Ouchemoukh *et al.* (2021)**, 0,29 à 1,78 mS/cm pour les miels d'Algérie.

La CE du miel H3, 0,45 mS/cm, indique qu'il provient probablement du nectar, étant inférieure à 0,8 mS/cm. Cependant, les miels H1 et H2 présentent des valeurs de CE de 3,33 mS/cm et 1,29 mS/cm, respectivement, suggérant un mélange de miels de nectar et de miellat, car ces valeurs excèdent 0,8 mS/cm.

Le test ANOVA de la CE révèle des différences significatives ($p < 0,05$) entre les différents échantillons analysés.

Ces variations peuvent être attribuées à plusieurs facteurs, notamment la concentration de sels minéraux, d'acides organiques et de protéines, ainsi que la source florale et la durée de stockage (**Živkov Baloš *et al.*, 2018**).

II.5. Couleur

II.5.1. Intensité de couleur ABS_{450}

La coloration des miels est principalement attribuée aux caroténoïdes et aux flavonoïdes, ainsi qu'à certains produits de réaction de Maillard (**Irina *et al.*, 2010**).

Les résultats de la couleur des miels analysés varient entre 0,31 à 1,20 DO (figure 14).

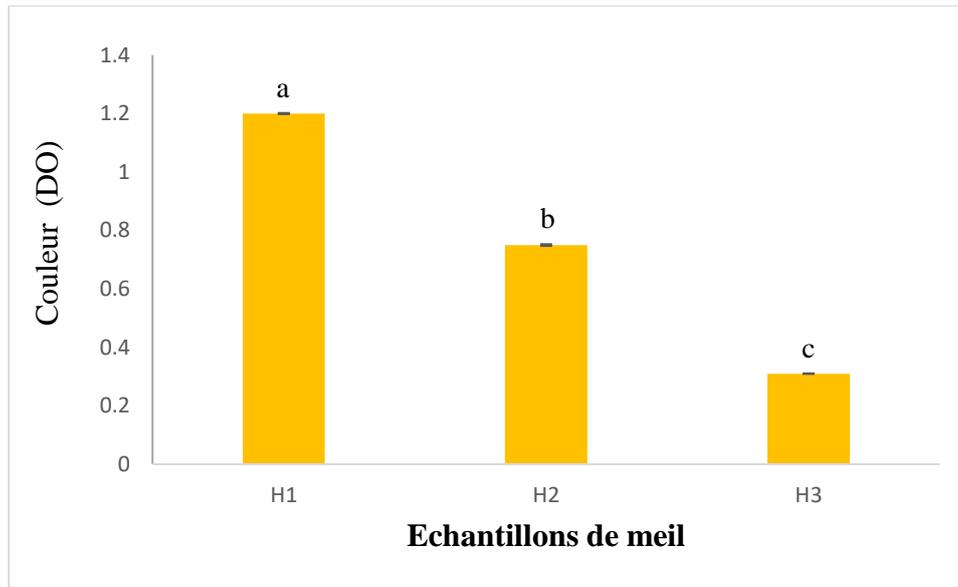


Figure 14 : Couleur des miels analysés.

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne \pm écart type. Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a > b > c$). DO : densité optique.

Les résultats obtenus se situent dans l'intervalle rapporté par **Amessis-Ouchemoukh et al. (2021)** pour les miels algériens (0,250 à 1,778 DO) et ils sont supérieurs aux résultats obtenus par **Ayad et al. (2021)** (0,27 à 0,81 DO).

L'analyse statistique révèle une différence significative de couleur ($p < 0,05$). Selon **Mouhoubi et al. (2018)**, la couleur du miel est corrélée à sa teneur en minéraux : plus celle-ci est élevée, plus le miel est foncé. Cette corrélation est cohérente avec les résultats de cette étude, où le miel H1, qui présente une couleur plus foncée avec une valeur de 1,20 DO, semble avoir une teneur plus élevée en minéraux. À l'inverse, le miel H3, plus clair avec une valeur de 0,31 DO, aurait un taux plus faible en minéraux.

La variation de couleur des échantillons de miel peut être attribuée à l'origine botanique, à des réactions biochimiques lors de la maturation du miel et à son exposition à des températures élevées ou à la lumière (**Otmani et al., 2021**).

II.5.2. Intensité de couleur $L^*a^*b^*$

Le système de spécification de couleur $L^*a^*b^*$ est un système tridimensionnel composé de trois axes : L^* , a^* et b^* . L^* représente la luminosité, allant de 0 pour le noir à 100 pour le blanc. La composante a^* mesure le degré de rouge (+) ou de vert (-), tandis que la composante b^* mesure le degré de jaune (+) ou de bleu (-) (**Boussaid et al., 2018**).

Les différents résultats sont représentés dans la figure 15.

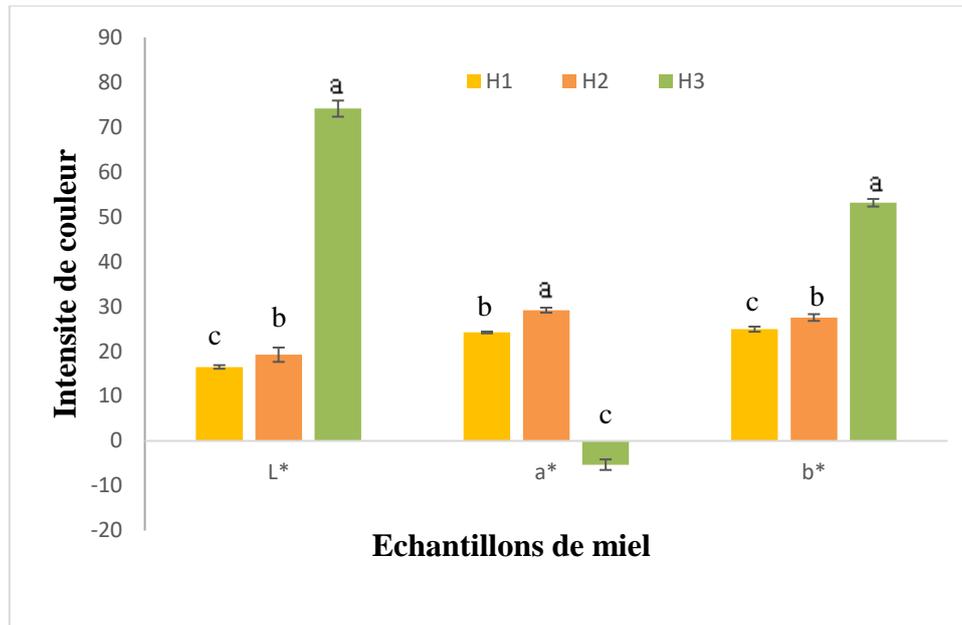


Figure 15 : Intensité de couleur L*a*b*

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne \pm écart type. Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a > b > c$).

Les valeurs de luminosité (L^*) des trois échantillons de miels sont de 16,5 à 74,13. Plus la valeur de L^* est élevée, plus la couleur est claire, ce qui a été confirmé par le miel H3, ayant la valeur de L^* la plus élevée (74,13). Les valeurs de a^* varient de -5,3 à 29,17, avec une valeur a^* négative pour le miel H3, indiquant une teinte plus verte. Les valeurs de b^* des trois miels varient de 24,93 à 53,13, ce qui indique des teintes jaunes. Le miel H3 présente la teinte jaune la plus intense, suivi du miel H2, puis du miel H1.

Les échantillons présentent une plus grande variation dans les valeurs test de couleur $L^*a^*b^*$ par rapport à l'étude de **Trisha et al., (2023)** pour les miels du Bangladesh où les valeurs sont respectivement de 37,6 à 46,23 pour L^* , de 0,20 à 6,83 pour a^* et de 6,92 à 8,90 pour b^* .

Les échantillons sont significativement différents en termes d'intensité de couleur à $p < 0,05$. Cette différence peut être attribuée à des facteurs tels que la source botanique du miel, sa composition chimique, sa teneur en minéraux et en pollen, ainsi qu'à la présence de pigments comme les caroténoïdes, les flavonoïdes et les polyphénols (**Ayad et al., 2021**).

II.6. Teneur en HMF

Le taux de HMF est un paramètre crucial pour évaluer la qualité, la fraîcheur et la pureté du miel. C'est un indicateur de surchauffe ou de mauvaises conditions de stockage et sa teneur ne doit pas dépasser 40 mg/kg (**Boussaid et al., 2018**).

Le taux d'HMF des différents miels varie de 12 à 39 mg/kg (figure 16).

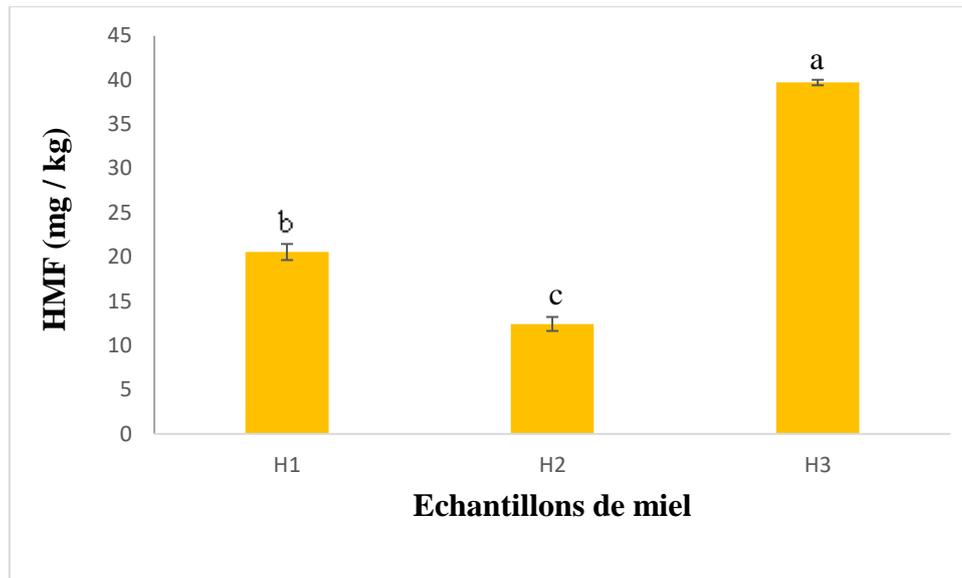


Figure 16 : Teneur en HMF des miels analysés.

Les résultats sont présentés sous forme de la moyenne \pm l'écart type. Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a > b > c$).

Les résultats du test HMF sont supérieurs de ceux rapportés par **Ayad *et al.* (2021)** sur les miels Algériens (3,19 à 3,79 mg/kg) et celui enregistré par **Amessis Ouchemoukh *et al.* (2021)** (1 à 34 mg/kg), tandis que les valeurs enregistrées sont comprises dans l'intervalle des résultats trouvés par **Da Costa et Toro (2021)** pour les miels de la région nord du Brésil (8,33 à 47,41 mg/kg).

Les deux miels de la région de Béjaïa (H1 et H2) présentent des valeurs en HMF conformes à la norme du **Codex Alimentarius (2001)**, contrairement aux résultats obtenus pour le miel de la région de Tizi-Ouzou (H3). Cela indique un bon stockage et la fraîcheur des deux premiers miels.

L'analyse statistique révèle des différences significatives entre les miels analysés. Cette variation peut être attribuée à des facteurs tels que les conditions de stockage, la température et les propriétés chimiques du miel (**Ondogo *et al.*, 2023**).

II.7. Teneur en proline

La teneur en proline du miel sert à déterminer son degré de maturation et à détecter toute forme de falsification (**Ondogo *et al.*, 2023**).

Selon **Hermosin *et al.* (2003)**, la concentration minimale de proline internationalement approuvée pour un miel mûr est de 183 mg/kg.

Les teneurs en proline des miels analysés sont données dans la figure 17. Les résultats obtenus varient entre 180,41 et 546,29, ce qui confirme que les échantillons analysés sont mûrs.

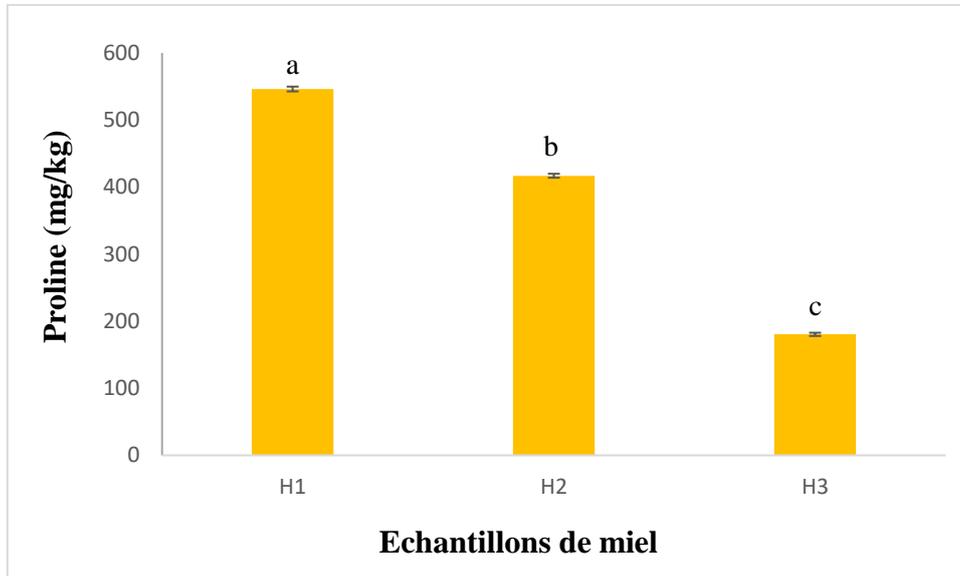


Figure 17 : Teneur en proline des miels analysés.

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne \pm écart type. Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a > b > c > d$).

L'étude statistique a révélé une différence significative entre les échantillons du miel ($p < 0,05$), les miels H1 et H2 sont les plus riches en proline, avec des teneurs de 549,29 et 416,93 mg/kg respectivement, tandis que le miel H3 présente une quantité plus faible en cet acide aminé, soit 180,41 mg/kg.

Les valeurs sont proches de ceux obtenus par **Sajid et al. (2019)** sur les miels du Pakistan (287,60 à 511,1 mg/kg), distinctes de ceux trouvés par **Aazza et al. (2013)** sur les miels du Portugais (341,82 à 1118,55 mg/kg) et sont supérieurs à ceux de **Boussaid et al. (2018)** sur les miels de Tunisie (39,62 à 102,60 mg/kg).

Les variations de la teneur en proline peuvent être dues à des pratiques apicoles et aux espèces végétales (**Damto et al., 2023**).

II.8. Teneur en protéines

Le pollen est la principale source de protéines dans le miel, avec des quantités qui oscillent généralement de 0,1 à 0,6 % (**Nazarian, 2010**).

Les résultats obtenus de la teneur en protéines pour les trois différents échantillons de miel sont présentés dans la figure 18. Les valeurs oscillent de 65,02 à 731 mg EBSA /100 g.

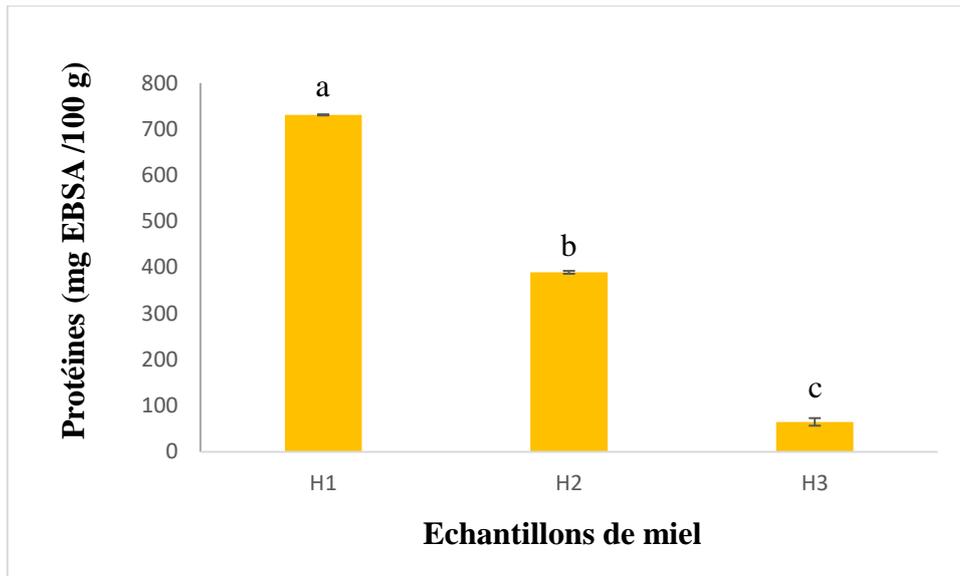


Figure 18 : Teneur en protéines des miels analysés.

Les résultats sont présentés sous forme de la moyenne \pm l'écart type. Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a > b > c > d$).

Ces valeurs sont supérieures à celles rapportées par **Ayad *et al.* (2021)** (16,91 à 47,25 mg EBSA/100 g) pour les miels d'Algérie, ainsi que celles de **Milek *et al.* (2021)** pour les miels de Pologne (10 à 475 mg EBSA/100 g) et sont proches de celles rapportées par **Bouhala *et al.* (2020)** (31 à 900 mg EBSA/100 g) pour les miels Algériens.

L'analyse statistique montre une différence significative ($p < 0,05$) dans le taux en protéines des échantillons de miel analysés. Cette variation peut être attribuée à l'origine botanique, au type de pollen, ainsi qu'à la présence d'enzymes introduites par les abeilles et d'autres issues du nectar (**Habibe *et al.*, 2014 ; El Sohaimy *et al.*, 2015**).

III. Teneurs en antioxydants

III.1. Polyphénols

Les polyphénols sont responsables des propriétés biologiques des miels (**Djossou *et al.*, 2013**).

Les valeurs des polyphénols totaux obtenues oscillent entre 8,47 à 44,36 mg EAG/100g (figure 19).

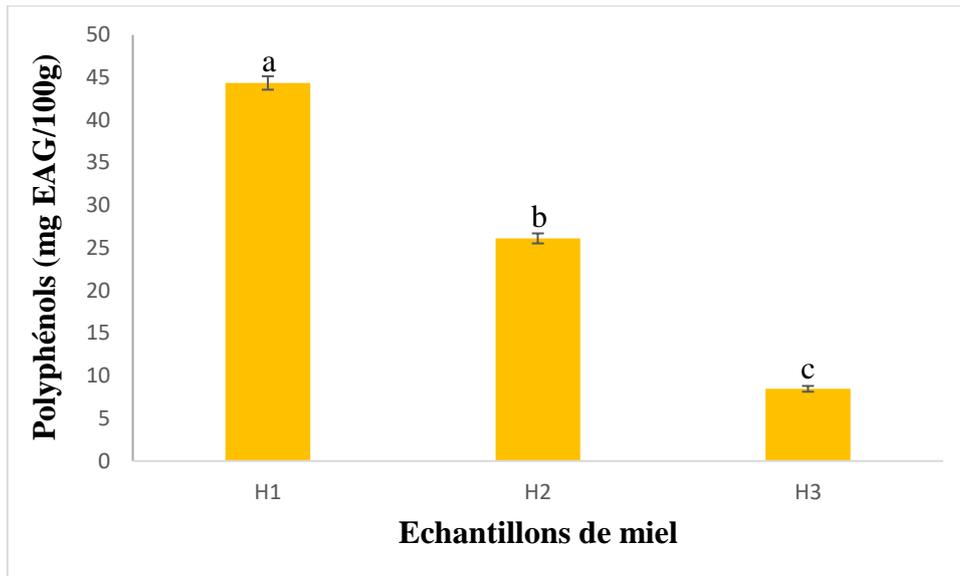


Figure 19 : Teneur en polyphénols des miels analysés.

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne \pm écart type. Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a > b > c$).

Selon **Sime *et al.* (2015)**, les échantillons de miel plus foncés ont des teneurs en composés phénoliques totaux plus élevées que ceux de couleur claire. Ceci a été confirmé par cette étude : les échantillons H1 et H2 de la région de Bejaia sont de couleur marron rouge, tandis que le miel du Tizi-Ouzou (H3) est de couleur jaunâtre clair, ce qui explique les valeurs obtenues.

Le miel H3 a enregistré la teneur la plus faible en polyphénols totaux, qui est de 8,47 mg EAG/100 g, par rapport aux deux échantillons H1 et H2 qui ont enregistré des valeurs de 44,36 et 26,12 mg EAG/100 g, respectivement.

Les résultats sont très faibles de ceux rapportés par **Guenaoui *et al.* (2024)** pour les miels Algériens (56 à 248 mg EAG / 100 g), ainsi qu'à ceux d'**El-Haskoury *et al.* (2018)** pour les miels du Maroc. Ils sont également supérieurs de ceux d'**Osés *et al.* (2016)** pour les miels du sud de l'Italie (21,188 à 22,762 mg EAG /100 g). L'analyse statistique a révélé une différence significative entre les échantillons, cette variation peut être due à la source florale, à l'origine géographique, aux conditions climatiques, ainsi qu'aux conditions de traitement et de stockage du miel (**El-Haskoury *et al.*, 2018**).

III.2. Flavonoïdes

Les flavonoïdes, sont responsables de l'arôme et du potentiel antioxydant du miel (**Moniruzzaman *et al.*, 2014**).

Les teneurs en flavonoïdes des miels varient de 0,41 à 16,29 mg EQ / 100g (figure 20). Les miels H3 et H2 sont moins riche en flavonoïdes, avec des teneurs de (0,41 et 1,79 mg EQ / 100g), tandis que la valeur la plus élevée est présente dans le miel H1 (16,29 mg EQ / 100g).

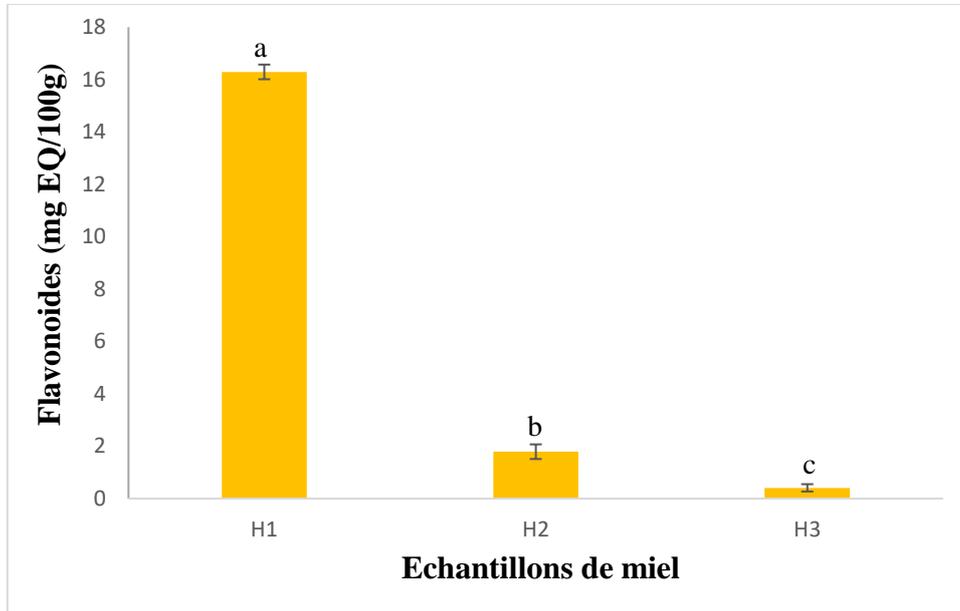


Figure 20 : Teneurs en flavonoïdes des miels analysés.

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne \pm écart type. Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a > b > c$).

Les miels étudiés ont des teneurs similaires à celles d'**Aazza et al. (2013)** (1,73 à 21,16 mg EQ/100 g) et celles obtenues par **Ouchemoukh. (2012)** pour les miels Algériens (0,30 à 35,61 mg EQ/100 g) et significativement plus faibles que celles rapportées par **Estevinto et al. (2012)** pour les miels du Portugal (537 mg EQ/100 g).

La variation de la teneur totale en flavonoïdes observée dans cette étude peut être attribuée à divers facteurs, notamment la localisation géographique et les facteurs environnementaux (**Damto et al., 2023**).

IV. Activité antioxydante du miel

IV.1. DPPH

Le radical DPPH est couramment utilisé pour évaluer l'activité antioxydante des molécules biologiques en raison de sa stabilité en forme de radical et de la simplicité de son analyse (**Ayad et al., 2021**).

Les valeurs obtenues pour les échantillons de miel testés varient de 50,89 à 83,9 % (figure 21).

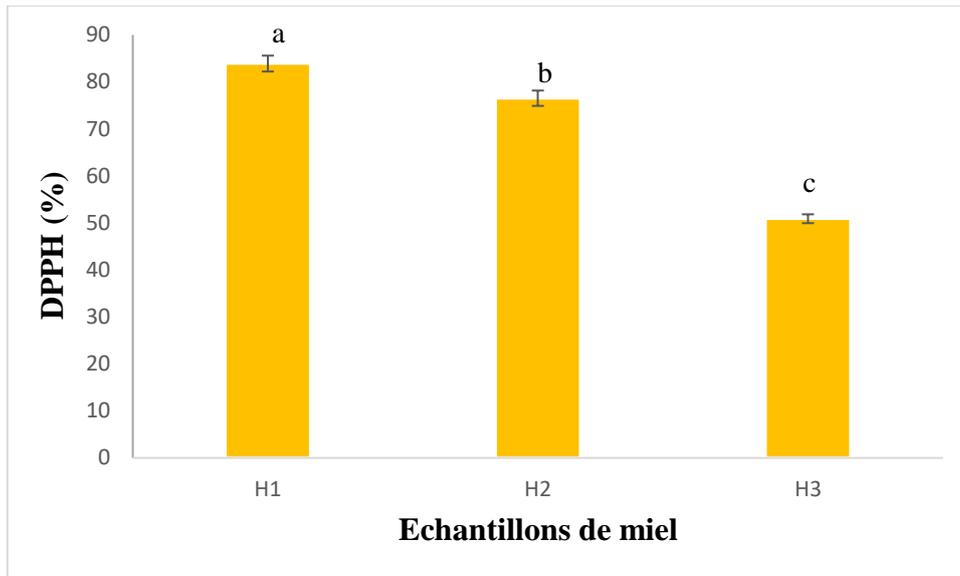


Figure 21 : Pourcentage de réduction du radical DPPH par les miels analysés.

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne \pm écart type. Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a > b > c$).

Les résultats sont inclus dans l'intervalle trouvé par **Amessis-Ouchemoukh *et al.* (2021)** pour les miels algériens (33,4 à 94,50 %). Ils sont également supérieurs à ceux rapportés par **Ayad *et al.* (2021)** pour les miels algériens (38,91 à 48,88 %), ainsi qu'à ceux des miels brésiliens rapportés par **Oliveira *et al.* (2017)** (25,39 à 51,44 %).

L'analyse statistique révèle des différences significatives entre les échantillons de miel. Les miels H1 et H2 présentent les plus hautes capacités antioxydantes, avec des valeurs de 83,9 et 76,5 %, respectivement, suivi par le miel H3 avec 50,98 %. Ces résultats indiquent la capacité antiradicalaire de chaque miel.

Cette différence peut être attribuée à la variabilité des sources florales, des origines géographiques, des conditions climatiques, ainsi que des conditions de traitement et de stockage du miel (**El-Haskoury *et al.*, 2018**).

IV.2. Pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur est largement utilisé comme un critère significatif pour évaluer la capacité antioxydante (**Küçük *et al.*, 2007**).

L'analyse des miels enregistrent un pouvoir réducteur qui varie entre 74,63 à 625,59 mg EAG / 100 g (figure 22).

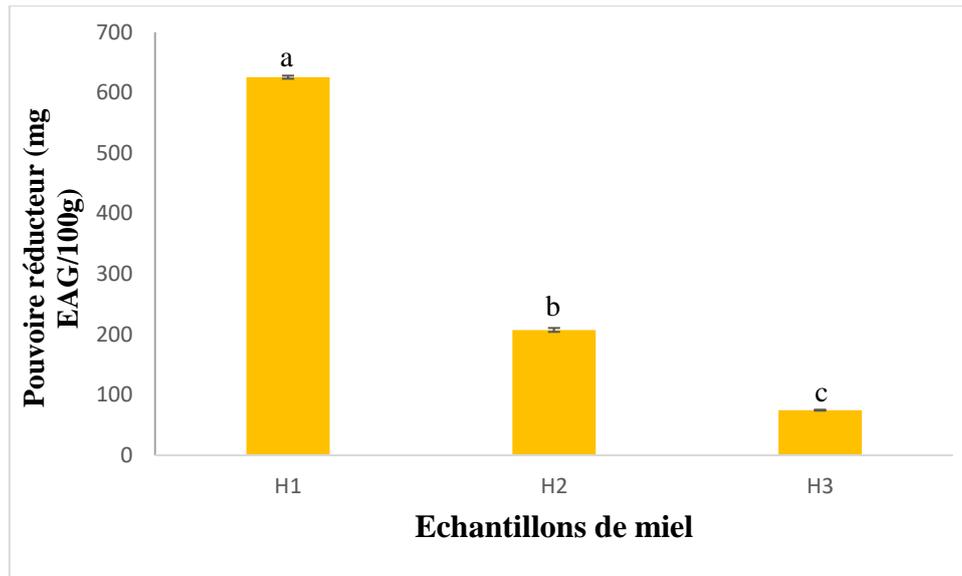


Figure 22 : Pouvoir réducteur des miels analysés.

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne \pm écart type. Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a > b > c$).

Ces résultats sont supérieurs à ceux d'**Amessis-Ouchemoukh et al. (2021)** (9,71 à 358 mg EAG / 100 g), ainsi qu'à de **Čanadanovic-Brunet et al. (2014)** (39 à 120 mg EAG/100 g) pour les miels serbes. En revanche, l'intervalle de valeur trouvé par **Guenauoui et al. (2024)** (124 à 412 mg EAG / 100 g) est inclus dans l'intervalle des résultats de la présente étude.

Les échantillons de miel présentent des différences significatives ($p < 0,05$). Selon **Otmani et al. (2021)**, la vitamine C et les composés phénoliques sont les principaux déterminants du pouvoir réducteur et les miels foncés se caractérisent par une concentration élevée de ces composés. Cela est démontré par le miel H1 (marron foncé) qui présente une teneur significativement plus élevée en polyphénols, flavonoïdes et également il a l'activité réductrice la plus puissante.

IV.3. Test à la ferrozine

La chélation des métaux est un mécanisme clé dans l'évaluation de la capacité antioxydante des composés (**Santos et al., 2017**).

Les pouvoirs chélateurs de fer des trios miels varient de 78 à 80 %. Les résultats sont illustrés dans la figure 23.

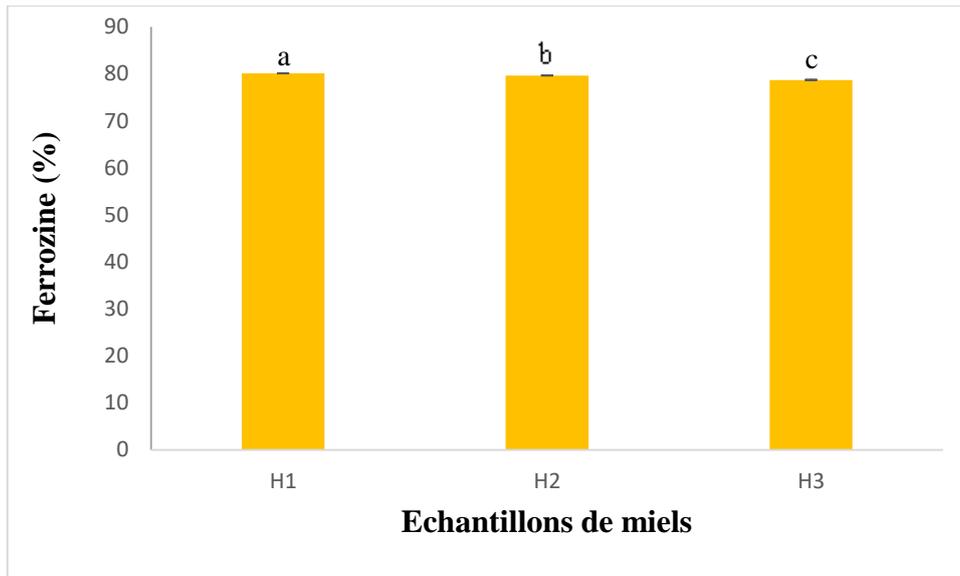


Figure 23 : Test à la ferrozine des miels analysés.

Les résultats sont présentés sous forme de la moyenne \pm l'écart type. Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a > b > c$).

Ces résultats sont plus proches à ceux obtenus par **Tahir *et al.* (2017)** (52 à 88 %) sur les miels des différentes régions du Soudan et supérieurs à ceux trouvés par **Guenaoui *et al.* (2024)** (27 à 41 %) pour les miels Algériens.

Les analyses des échantillons de miel faites par le test ANOVA révèlent une différence significative ($p < 0,05$), cela suggère que les miels ont des capacités différentes à chélater le fer, ce qui peut être expliqué par leur contenu en composés chélateurs tels que les acides phénoliques et les flavonoïdes.

Le pouvoir chélatant des miels peut être attribué à la nature des composés chélatants présents et à leur affinité variable pour le fer par rapport à la ferrozine **Guenaoui *et al.* (2024)**. L'augmentation de l'activité chélatrice du fer témoigne d'un potentiel antioxydant élevé (**Dastmalchi *et al.*, 2008**).

V. Analyses des galettes (crues et cuites) et des pâtes à tartiner de viande de bœuf enrichies en miel

V.1. Paramètres physico-chimiques

V.1.1. Test de couleur L*a*b*

❖ Galettes crues

Pendant les quinze jours de suivi, les valeurs du test de couleur L*a*b* ont diminué dans toutes les galettes crues testées (figure 24), les changements de couleur sont représentés dans la figure 25.

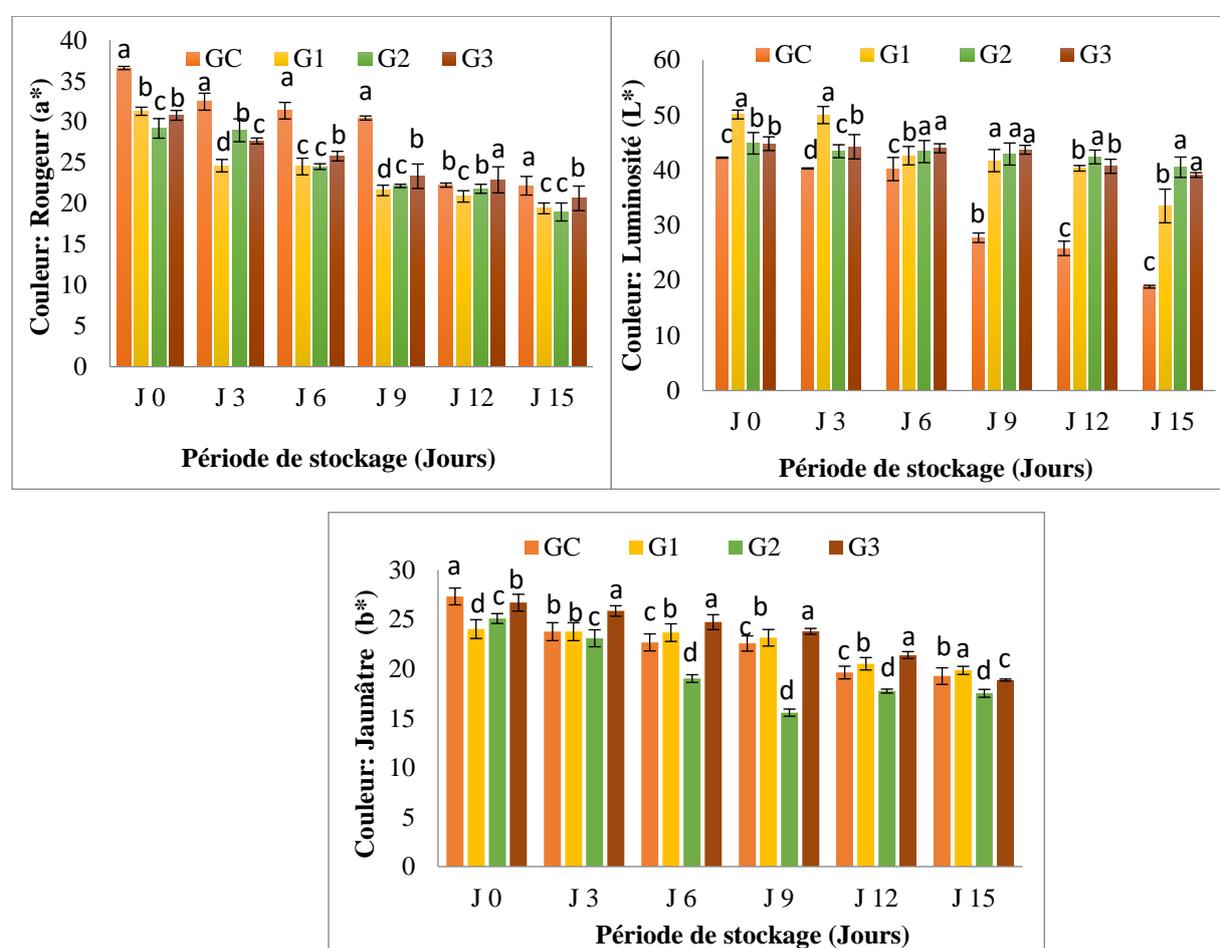


Figure 24 : Suivi du test de couleur (L*a*b*) des galettes de viande de bœuf crues.

GC : galette contrôle, G1, G2 et G3 : galettes marinées avec H1, H2 et H3, respectivement. Les résultats sont présentés sous forme de la moyenne \pm l'écart type (n=3). Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes (a>b>c>d).

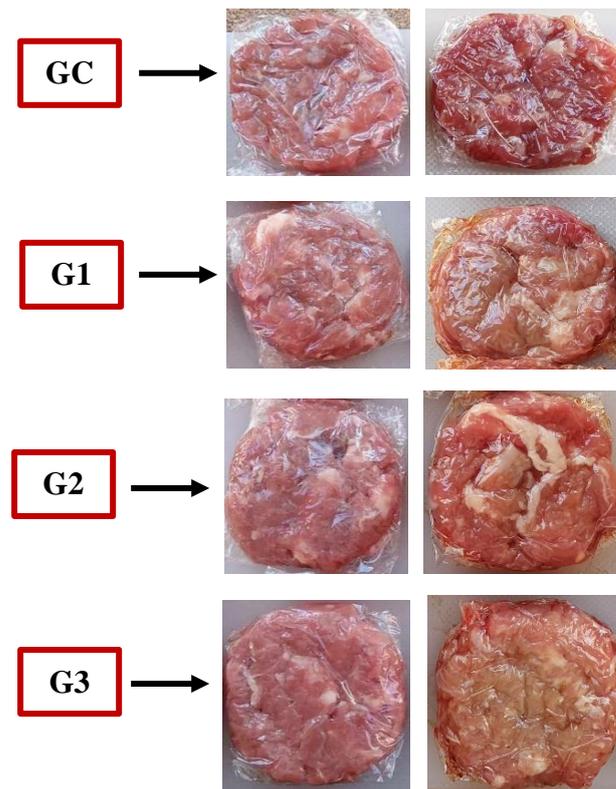


Figure 25 : Photographies des galettes bovines à T₀ et T₁₅.

Les galettes G1 enregistre la valeur de L* la plus élevée à T₀, atteignant 50, mais après les quinze jours, cette valeur a chuté à 33,50. Quant aux galettes G2 et G3, elles ont initialement enregistré des valeurs similaires à T₀, soit 44,87 et 44,80, respectivement, avec une légère diminution après la période de suivi, atteignant respectivement 40 et 39. En ce qui concerne les galettes GC, elles ont enregistré la plus forte diminution après les quinze jours, passant de 42 à T₀ à 19 à T₁₅.

Les valeurs de l'indice a* des galettes GC varient de 37 à T₀ à 22 à T₁₅. Les valeurs de G1, G2 et G3 sont proches, étant respectivement de 31, 29 et 30 à T₀, et de 19, 18 et 20 à T₁₅. La diminution de la coloration rouge des galettes de viande de bœuf est moins prononcée dans les galettes enrichies en miel par rapport au témoin.

Les résultats de la valeur b* à T₀ des galettes sont les suivants : GC 27, G1 24, G2 25 et G3 27. Après quinze jours de stockage, les valeurs de b* ont diminué, atteignant 19,27 pour GC, 19,85 pour G1, 17 pour G2 et 18 pour G3. Il y a un taux de diminution similaire entre les galettes enrichies en miel (H2 et H3) et le témoin. En revanche, les galettes enrichies en miel H1 ont montré une diminution moins prononcée.

Après quinze jours de stockage, une décoloration est observée dans les galettes. Cependant, cette décoloration est significativement plus élevée dans les galettes témoins par rapport à celles enrichies en miel. Ces observations démontrent que le miel a un effet bénéfique sur la préservation de la couleur des galettes de viande de bœuf.

Les résultats enregistrés dans ce test de couleurs sont distincts de ceux révélés par **Kim et Jang (2021)**. Ces derniers ont trouvé que les valeurs de L^* obtenues pour les échantillons de longe et de ronde ne varient pas de manière significative entre les jours d'entreposage, tandis que les valeurs de a^* et b^* montrent une variation significative, révélant une tendance à ce diminuer avec la durée d'entreposage. Contrairement à ces résultats, les observations de cette étude révèlent une diminution significative de tous les paramètres de couleur.

La couleur est un élément essentiel dans l'évaluation de la qualité de la viande car les consommateurs l'utilisent comme un indicateur de fraîcheur, ce qui impacte considérablement leurs choix d'achat. Au cours du stockage, de la distribution et de la présentation de la viande, les processus d'oxygénation et d'oxydation de la myoglobine sont des déterminants majeurs de sa teinte (**Mancini et Hunt 2005**).

Il est démontré par **Faustman et al. (2010)** que la décoloration de la viande indique une dégradation de sa qualité, due à l'oxydation de la myoglobine en met-myoglobine et à la croissance de micro-organismes pendant le stockage. **Vargas-Sánchez et al. (2015, 2019)** ont rapporté qu'un additif naturel dérivé d'un produit apicole réduit les changements de couleur et la formation de met-myoglobine dans les produits carnés non cuits pendant le stockage, grâce à l'effet antioxydant des composés phénoliques qu'il contient.

L'ajout du miel a réduit le changement de couleur des galettes, indiquant une diminution de l'oxydation de la myoglobine par rapport au témoin. Cependant, il y a une différence significative entre les effets des différents échantillons de miel utilisés.

❖ Galettes cuites

Les résultats du test $L^*a^*b^*$ des galettes de viande de bœuf cuites sont illustrés dans la figure 26.

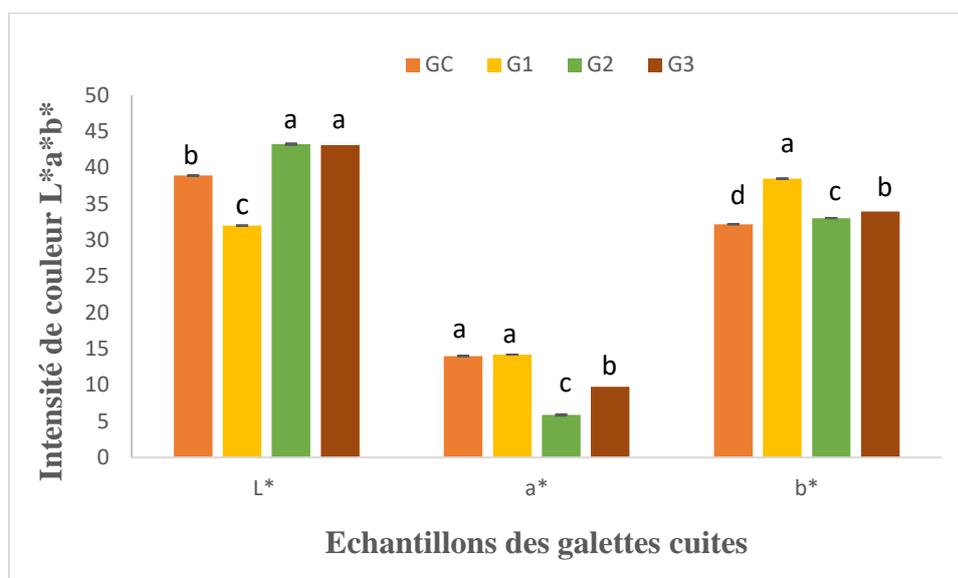


Figure 26 : Les valeurs du test de couleur ($L^*a^*b^*$) des galettes cuites de viande de bœuf.

GC : galette contrôle, **G1, G2 et G3 :** galettes marinées avec H1, H2 et H3, respectivement. Les résultats sont présentés sous forme de la moyenne \pm l'écart type ($n=3$). Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a>b>c>d$).

Les valeurs de L^* des galettes cuites GC et G1 sont inférieures aux galettes crues, avec des valeurs de 40 et 32 respectivement. En revanche, les galettes G2 et G3 présentent des valeurs assez similaires 43 et 42, respectivement. **Fencioglu et al. (2022)** ont conclu que l'application de chaleur sèche réduit la valeur L^* par rapport aux échantillons crus, ce qui entraîne une coloration plus foncée de la viande. Cette situation est attribuée à la réaction de Maillard qui s'est déroulée pendant le processus de cuisson (**Oz, 2014**).

Les résultats de l'indice a^* révèlent une différence significative entre les galettes cuites et crues, avec une diminution notable des valeurs. Cette diminution se présente comme suit : 14 pour les galettes GC et G1, 6 pour G2 et 10 pour G3.

La diminution des valeurs de a^* de la viande après le processus de cuisson est dû à la dénaturation des pigments, notamment de l'oxymyoglobine (**Fencioglu et al., 2022**).

Une augmentation significative des valeurs de b^* est observée dans les galettes cuites. Pour GC, cette valeur s'élève à 32, 39 pour G1, 33 pour G2 et 34 pour G3. Cette augmentation est le résultat de la formation de la met-myoglobine (**Roldan et al., 2013**).

❖ Pâtes à tartiner

Le test de couleur révèle une différence significative entre tous les échantillons de pâtes à tartiner, comme illustré dans la figure 27.

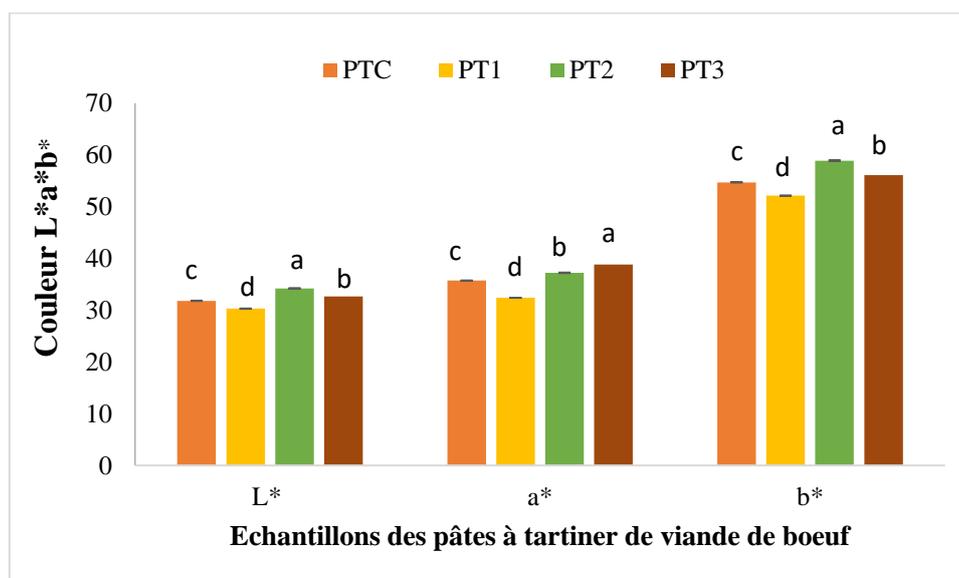


Figure 27 : Intensité de la couleur des pâtes à tartiner de viande de bœuf.

PTC : pâte à tartiner contrôle, **PT1, PT2 et PT3 :** pâtes à tartiner marinées avec H1, H2 et H3, respectivement. Les résultats sont présentés sous forme de la moyenne \pm l'écart type ($n=3$). Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a>b>c$).

La pâte PT2 affiche la valeur L* la plus élevée (34), suivie par la pâte PT3 (32). La pâte PT1 présente la valeur la plus basse (30) tandis que la pâte PTC a une valeur de 31. Ces valeurs indiquent que toutes les pâtes à tartiner sont de couleur foncé et qu'elles sont moins translucides.

Les valeurs de a* et b* obtenues varient de 32 (PT1) à 39 (PT3) et de 52 (PT1) à 58 (PT2), respectivement, indiquant que toutes les pâtes à tartiner sont caractérisées de couleur marron avec des nuances de rouge et de jaune ce qui donne vers la fin une teinte orangée.

Les résultats suggèrent que l'ajout de miel a une influence sur la couleur des pâtes à tartiner.

V.1.2. Détermination de pH

❖ Galettes crues

Le pH est un élément important dans la détermination de la qualité, influençant significativement plusieurs aspects tels que la tendreté, la saveur, la couleur, la capacité de rétention d'eau et la durée de conservation de la viande (**Andrés-Bello et al., 2013**).

Après le sixième jour la marinade au miel n'a pas entraîné de changements significatifs dans les niveaux de pH des galettes (figure 28).

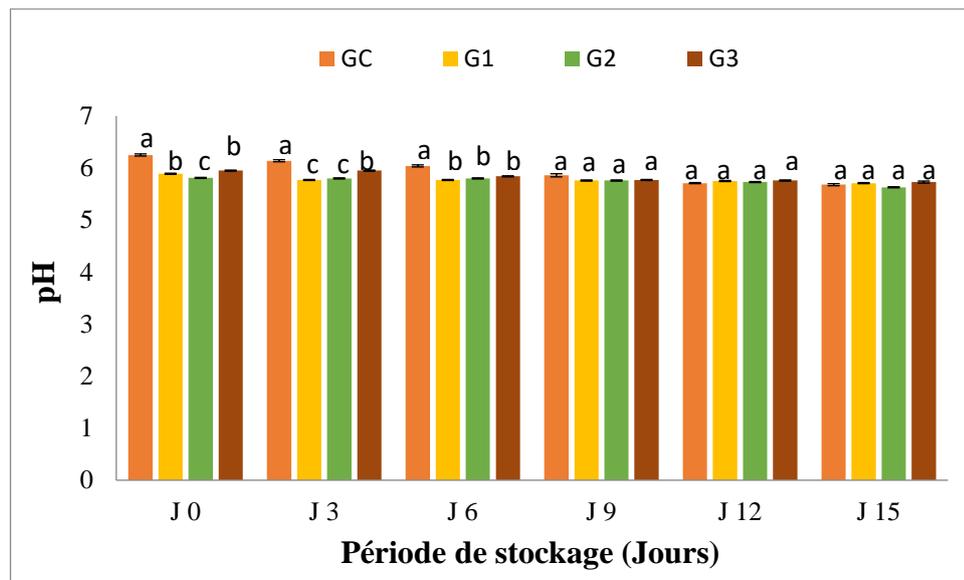


Figure 28 : Valeurs de pH des galettes crues de viande de bœuf.

GC : galette contrôle, **G1, G2 et G3 :** galettes marinées avec H1, H2 et H3, respectivement. Les résultats sont présentés sous forme de la moyenne \pm l'écart type ($n=3$). Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a>b>c>d$).

Les valeurs de pH des galettes crues à T_0 sont significativement différentes entre les galettes GC, G2 et le groupe homogène des galettes G1 et G3. Les résultats indiquent que les valeurs de pH à T_0 sont comprises entre 5,81 (G2) et 6,25 (GC). Après une période de stockage de quinze jours, les valeurs de pH sont toutes diminuées, montrant ainsi un groupe homogène entre tous les échantillons, les valeurs varient entre 5,63 (G2) et 5,73 (G3). Il est à noter que les galettes enrichies en miel ont présenté des valeurs de pH inférieures à celles du témoin à T_0 , ce qui est attribué à la nature acide du miel.

Les résultats de pH obtenus sont en contradiction avec ceux de **Kim et Jang (2021)**, qui ont observé une augmentation du pH de la longe et de la ronde de bœuf pendant la période de stockage. Ils ont attribué cette augmentation à la dégradation des protéines et à la croissance de micro-organismes d'altération.

❖ Galettes cuites

Le pH des galettes de viande de bœuf cuites est plus élevé que celui des galettes crues (figure 29).

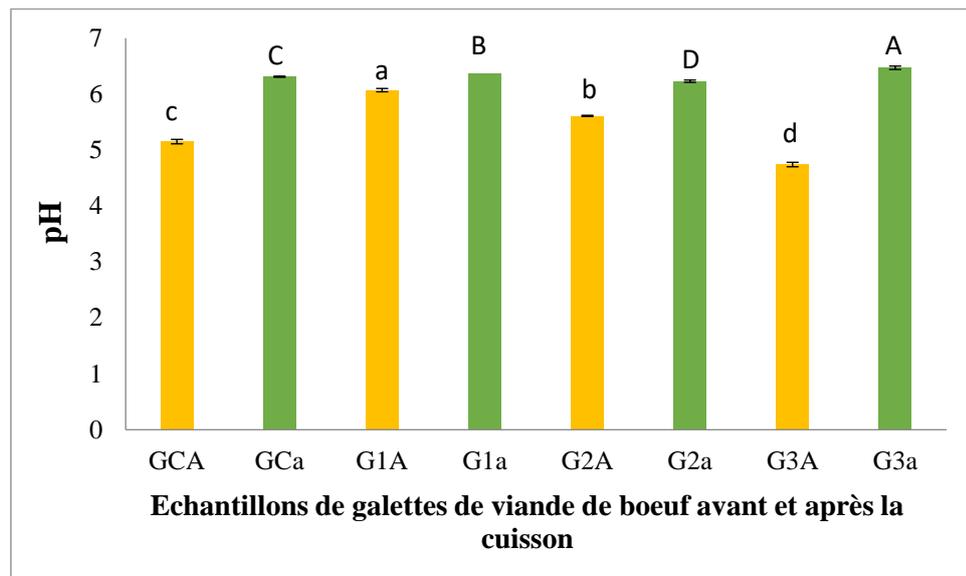


Figure 29 : Valeurs de pH des galettes de viande de bœuf avant et après la cuisson.

GCA : galette contrôle, **G1, G2 et G3** : galettes marinées avec H1, H2 et H3, respectivement, **A et a** : Avant et après la cuisson, respectivement. Les résultats sont présentés sous forme de la moyenne \pm l'écart type ($n=3$). Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a>b>c>d$) et ($A>B>C>D$).

Une augmentation des valeurs de pH après la cuisson est observée dans tous les échantillons analysés. Les galettes G1 affichent le pH le plus élevé à 6,49, suivie par les galettes G3 à 6,47. Le pH du témoin (GC) est de 6,31 tandis que les galettes G2 présentent la valeur la plus basse à 6,23.

Ces résultats sont en corrélation avec ceux de **Yıldız-Turp et Serdaroglu (2010)** qui ont observé une augmentation du pH après la cuisson dans les galettes de bœuf enrichies par la purée de prunes.

L'augmentation du pH est causée par la dénaturation des protéines sarcoplasmiques, myofibrillaires et conjonctives, ce qui entraîne la formation des acides aminés libres et des peptides. Ce processus se traduit par une augmentation du pH (**Picgirard, 2010**).

❖ Pâtes à tartiner

Les résultats des valeurs de pH des pâtes à tartiner élaborées à base de miel sont inférieurs à ceux de témoin (figure 30).

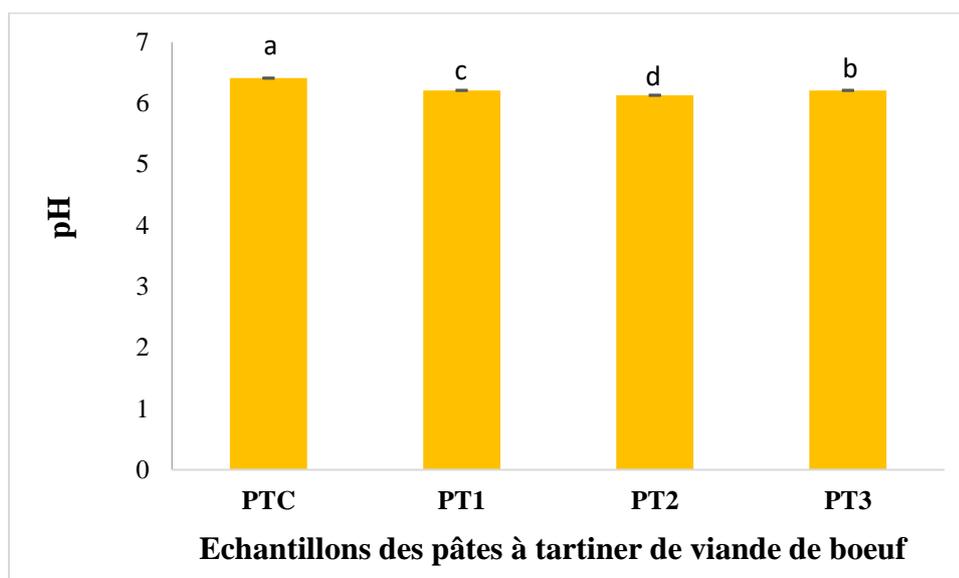


Figure 30 : Valeurs de pH dans les pâtes à tartiner de viande de bœuf.

PTC : pâte à tartiner contrôle, **PT1, PT2 et PT3** : pâtes à tartiner marinées avec H1, H2 et H3, respectivement. Les résultats sont présentés sous forme de la moyenne \pm l'écart type ($n=3$). Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a>b>c>d$).

La valeur de pH pour la pâte PTC est de 6,41 tandis que celle de PT2 est de 6,13. Les pâtes PT1 et PT3 forment un groupe homogène (6,21).

Les résultats du pH de la pâte PTC sont similaires à ceux obtenus par **Kumar et al. (2015)**, où le pH est de 6,43. Cependant, les pâtes PT1, PT2 et PT3 ont un pH inférieur, ce qui peut être attribué à l'ajout du miel, connu pour être un aliment acide.

V.1.3. Humidité

L'eau constitue plus de 70 % de la composition musculaire de la viande. L'humidité influe directement sur la qualité et la sécurité alimentaire de la viande ainsi que sur ses propriétés gustatives et sa durée de conservation, en raison de son impact sur les lipides et la croissance microbienne (**Kamruzzaman et al., 2016**).

❖ Galettes cuites

Les résultats du test d'humidité des galettes cuites de bœuf sont représentés dans la figure 31. Une variation significative entre les galettes enrichies en miel et le témoin est constatée.

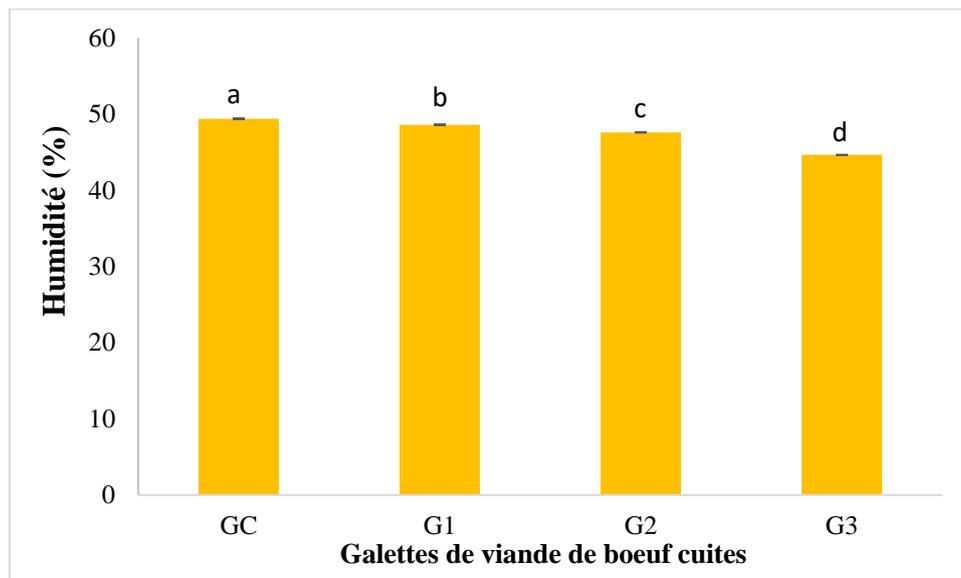


Figure 31 : Humidité des galettes de viande de bœuf cuites.

GC : galette contrôle, **G1, G2 et G3 :** galettes marinées avec H1, H2 et H3, respectivement. Les résultats sont présentés sous forme de la moyenne \pm l'écart type ($n=3$). Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a>b>c>d$).

La valeur la plus élevée d'humidité est attribuée aux galettes GC avec un taux de 49,41 %. Les galettes G1 et G2 montrent une légère diminution par rapport au témoin, avec des taux de 49 et 48 %, respectivement. Les galettes G3 ont enregistré le taux le plus bas, 45 %. Les résultats indiquent que l'ajout du miel semble avoir augmenté la perte d'eau pendant la cuisson, ce phénomène étant plus notable dans les résultats des galettes G3.

La diminution de la teneur en eau de la viande et des produits carnés lors du processus de cuisson s'explique par le rétrécissement des protéines myofibrillaires et du tissu conjonctif périnysial, provoqué par les températures élevées atteintes pendant la cuisson (**Pulgar et al., 2012**).

❖ Pâtes à tartiner

Les différents résultats de test d'humidité sont illustrés dans la figure 32.

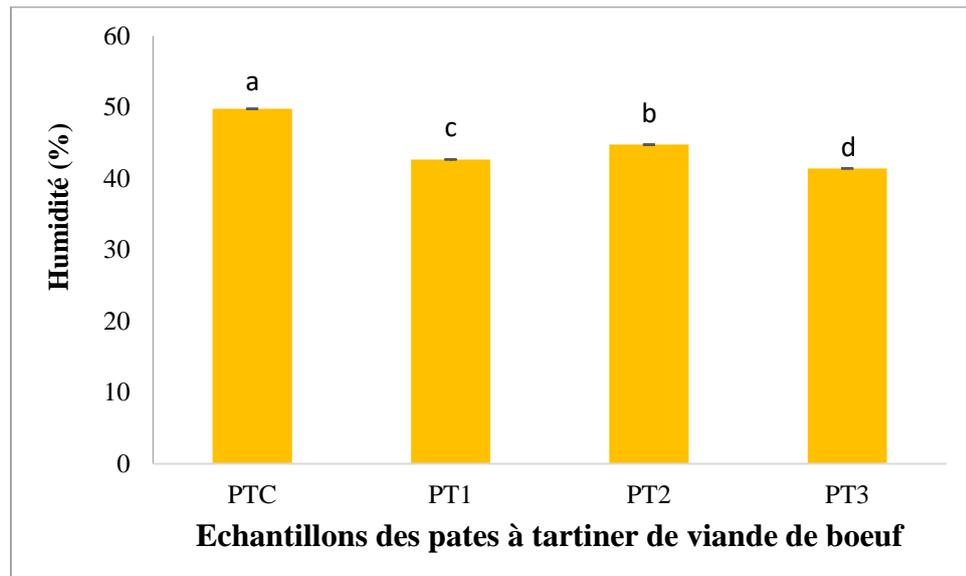


Figure 32 : Humidité des pâtes à tartiner de viande de bœuf.

PTC : pâte à tartiner contrôle, **PT1, PT2 et PT3** : pâtes à tartiner marinées avec H1, H2 et H3, respectivement. Les résultats sont présentés sous forme de la moyenne \pm l'écart type ($n=3$). Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a>b>c>d$).

L'humidité des différentes pâtes à tartiner varie de 41 à 50 %. Ces résultats sont inférieurs aux résultats rapportés par **Kumar *et al.* (2015)** dans leur étude sur l'élaboration et la stabilité du stockage d'une pâte à tartiner à base de poulet où l'humidité a atteint 58,75 %.

V.1.4. Test de cuisson

Les résultats montrent des variations dans le rendement de cuisson des galettes (figure 33) avec des différences observées à la fois entre les galettes enrichies en miel et entre celles-ci et le témoin.

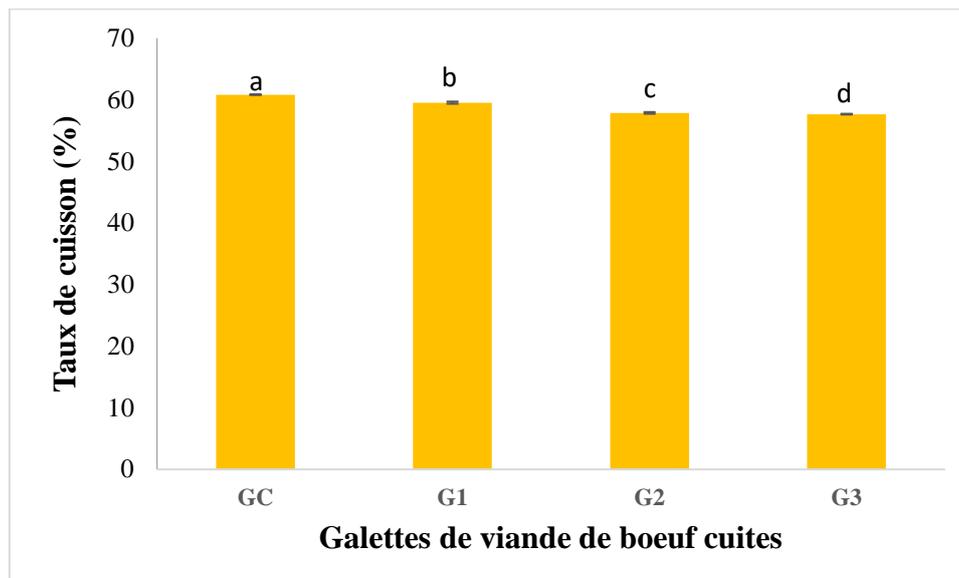


Figure 33 : Taux de cuisson des galettes cuites de viande de bœuf.

GC : galette contrôle, **G1, G2 et G3** : galettes marinées avec H1, H2 et H3, respectivement. Les résultats sont présentés sous forme de la moyenne \pm l'écart type ($n=3$). Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a>b>c>d$).

Le témoin représente un rendement de cuisson de 70 %. Les galettes enrichies en miel G1, G2 et G3 présentent des rendements inférieurs à celui du témoin, avec des valeurs respectives de 59, 57, 86 et 57,66 %.

Ces résultats suggèrent que l'incorporation du miel entraîne une réduction du rendement de cuisson de la viande. Il est possible qu'il a un effet similaire à celui de la purée de prunes utilisée ..par **Yildiz-Turp et Serdaroglu (2010)** dans leur étude sur l'effet de la purée de prunes sur certaines propriétés des galettes de bœuf faibles en gras. Ils ont observé une diminution du rendement de cuisson dans les galettes enrichies en purée de prunes par rapport au témoin, attribuée à l'effet bloquant de la purée de prunes sur la capacité de rétention d'eau des protéines de viande.

Les résultats obtenus dans ce test sont inférieurs à ceux rapportés par **Johnston et al. (2005)**. Nous avons comparé nos résultats de rendement de cuisson avec ceux de leurs échantillons contenant des concentrations de 5 % (p/p) de miel de trèfle et de miel de fleurs sauvages qui ont affiché des rendements respectifs de 80,10 et 78,60 %. Cela pourrait s'expliquer par la différence entre les concentrations de miel utilisées.

La principale raison de la perte de cuisson dans la viande et les produits carnés est attribuée à la perte d'eau qui résulte de la température atteinte pendant la cuisson (**Rodriguez-Estrada et al., 1997**).

Cependant, il est important de noter que la perte d'eau n'est pas la seule responsable de cette diminution de poids, le processus de cuisson peut également entraîner l'extraction de divers composés hydrosolubles tels que différentes protéines, sels, polyphosphates ... (Fencioglu *et al.*, 2022).

V.2. Teneurs en antioxydants

V.2.1. Teneur en phénols totaux

Les propriétés antioxydantes et antimicrobiennes des polyphénols les positionnent comme des choix idéaux en tant que conservateurs naturels dans l'industrie de la viande. L'efficacité des composés phénoliques dans l'inhibition des processus d'oxydation dans les aliments est liée à leur activité de piégeage des espèces réactives (ER) (Papuc *et al.*, 2017).

❖ Galettes crues

La figure 34 illustre les valeurs de la teneur en polyphénols totaux des galettes crues de viande au cours des quinze jours de stockage.

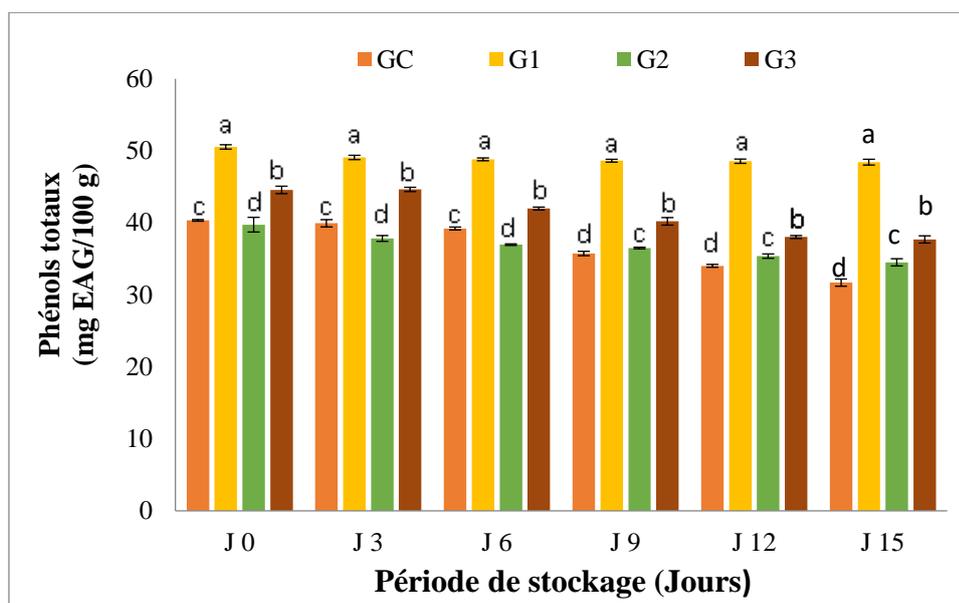


Figure 34 : Suivi de la teneur en phénols totaux des galettes crues de viande de bœuf.

GC : galette contrôle, **G1, G2 et G3 :** galettes marinées avec H1, H2 et H3, respectivement. Les résultats sont présentés sous forme de la moyenne \pm l'écart type (n=3). Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes (a>b>c>d).

Les teneurs en polyphénols varient de 40 (G2) à 60 mg EAG/100 g (G1) à T₀ et de 32 (GC) à 48 mg EAG/100 g (G1) à T₁₅. Les résultats montrent une diminution progressive des teneurs en polyphénols au fil des jours.

La stabilité des polyphénols est essentielle pour la valeur nutritionnelle des aliments et dépend de leurs structures chimiques. Des facteurs physico-chimiques comme le pH, la température, la lumière, les enzymes, ... etc, peuvent provoquer leur dégradation. Cette instabilité, causée par des réactions avec l'oxygène et les ions métalliques durant le stockage, entraîne des modifications structurales et une diminution des activités biologiques des polyphénols (Deng *et al.*, 2018).

❖ Galettes cuites

Les résultats des teneurs en polyphénols des galettes cuites sont représentés dans la figure 35.

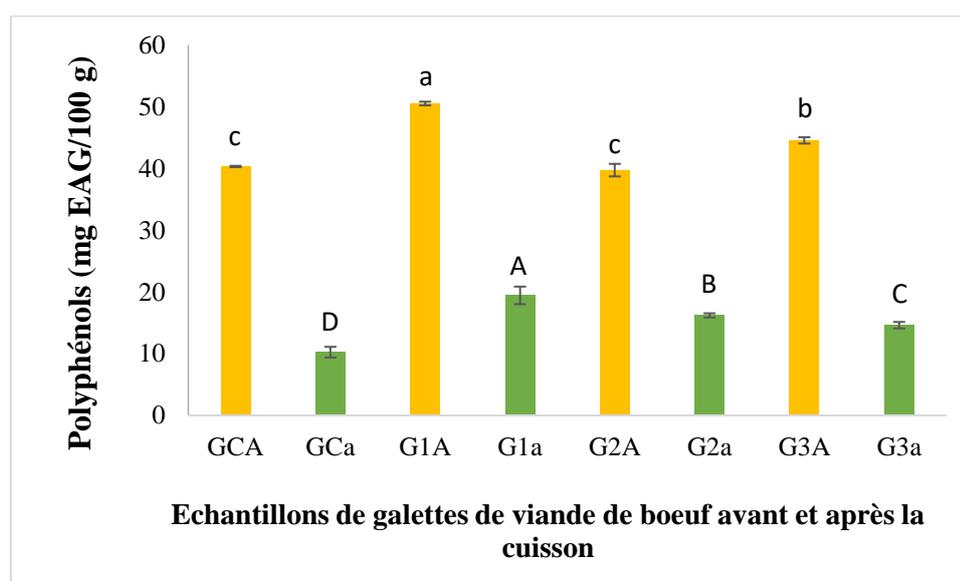


Figure 35 : Teneur en polyphénols totaux des galettes de viande de bœuf avant et après la cuisson.

GCA : galette contrôle, **G1, G2 et G3 :** galettes marinées avec H1, H2 et H3, respectivement, **A et a :** Avant et après la cuisson, respectivement. Les résultats sont présentés sous forme de la moyenne \pm l'écart type (n=3). Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes (a>b>c>d).

Une diminution significative des teneurs en phénols totaux est observée dans les galettes cuites. Les valeurs varient de 10,25 (GC) à 19,44 mg EAG/100 g (G1). Cette diminution est plus notable dans les galettes témoins.

Il est probable que la diminution observée soit due à la sensibilité des polyphénols à la chaleur. En effet, **Mittal *et al.* (2012)** ont avancé l'idée que la diminution apparente des polyphénols durant la cuisson ne reflète pas nécessairement une réduction réelle de leur concentration mais plutôt un changement dans leur solubilité ou leur réactivité chimique.

❖ Pâtes à tartiner

Les résultats concernant les polyphénols dans les pâtes à tartiner sont représentés dans la figure 36.

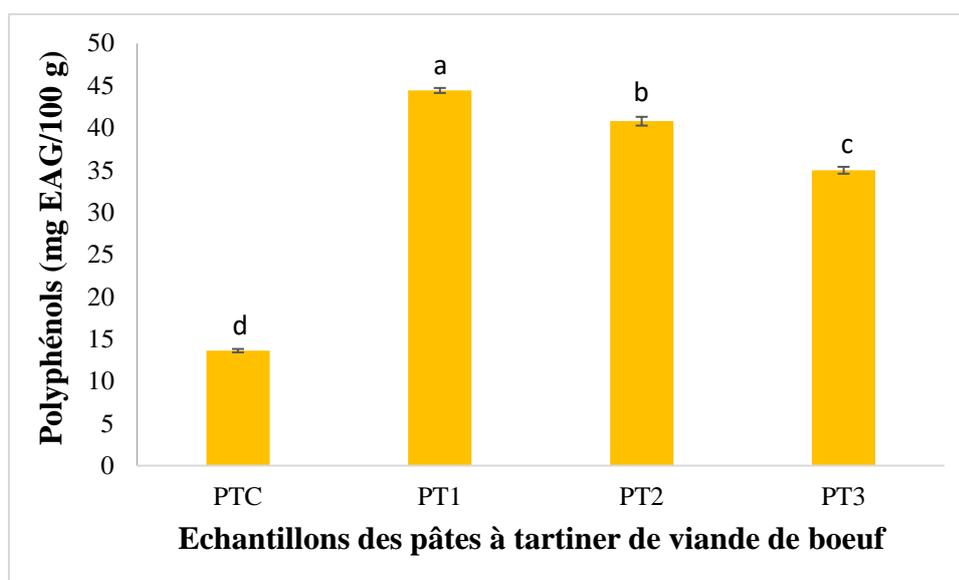


Figure 36 : Teneur en polyphénols totaux des pâtes à tartiner de la viande de bœuf.

PTC : pâte à tartiner contrôle, **PT1, PT2 et PT3** : pâtes à tartiner marinées avec H1, H2 et H3, respectivement. Les résultats sont présentés sous forme de la moyenne \pm l'écart type ($n=3$). Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a>b>c>d$).

Une variation des résultats entre les pâtes à tartiner formulées à base de miel et celles du témoin est observée. La pâte PTC présente la teneur la plus faible en polyphénols, soit 13,62 mg EAG/100 g tandis que les pâtes à tartiner enrichies en miel montrent des valeurs qui varient de 34,98 (PT3) à 44,43 mg EAG/100 g (PT1). L'étude statistique montre une différence significative ($p < 0,05$) entre les différents échantillons.

Les valeurs des polyphénols dans les pâtes contenant du miel sont supérieures à celle du témoin. Cela peut s'expliquer par la présence des polyphénols présents dans les échantillons de miel utilisés, ainsi que les ingrédients incorporés.

V.2.2. Teneurs en flavonoïdes

❖ Galettes crues

Les valeurs en flavonoïdes, des galettes de viande de bœuf stockées pendant quinze jours, sont illustrées dans la figure 37.

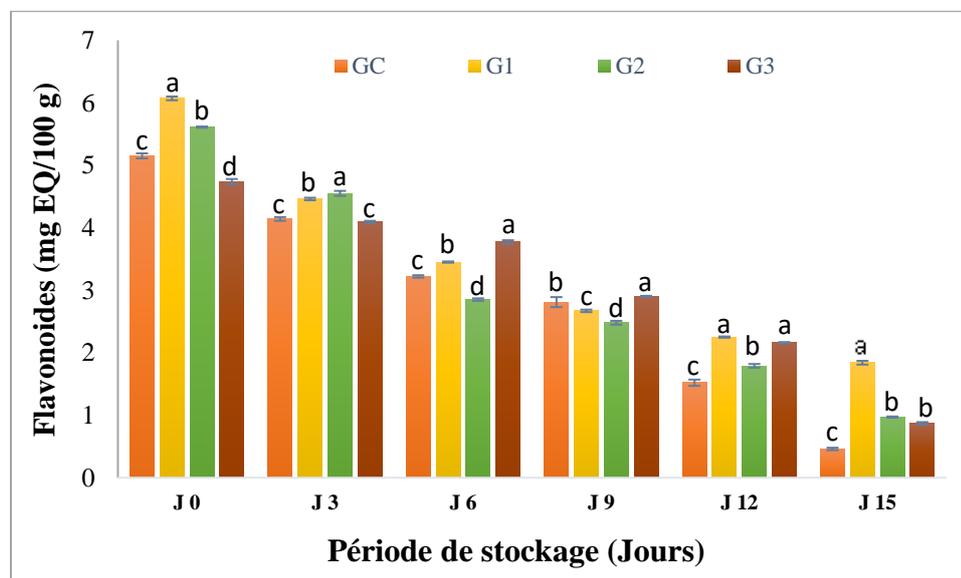


Figure 37 : Suivi de la teneur en flavonoïdes des galettes crues de viande de bœuf.

GC : galette contrôle, **G1, G2 et G3 :** galettes marinées avec H1, H2 et H3, respectivement. Les résultats sont présentés sous forme de la moyenne \pm l'écart type ($n=3$). Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a>b>c>d$).

À T_0 , les teneurs en flavonoïdes varient de 5,15 (G3) à 6,07 mg EQ/100 g (G1). Après quinze jours de stockage ces valeurs diminuent et se situent entre 0,46 (GC) et 2 mg EQ/100 g (G1).

Une diminution significative ($p < 0,05$) des concentrations en ces substances est enregistrée après un stockage de quinze jours. Cette diminution est encore plus prononcée dans les galettes témoins que dans celles à base de miel.

❖ Galette cuites

Les résultats des taux en flavonoïdes des galettes cuites sont représentés dans la figure 38.

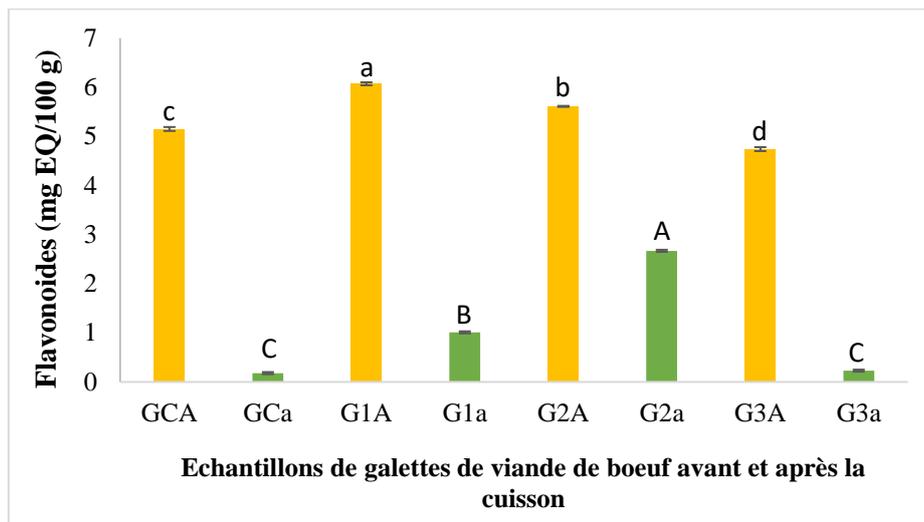


Figure 38 : Teneurs en flavonoïdes des galettes de viande de bœuf avant et après la cuisson.

GCA : galette contrôle, **G1, G2 et G3** : galettes marinées avec H1, H2 et H3, respectivement, **A et a** : Avant et après la cuisson, respectivement. Les résultats sont présentés sous forme de la moyenne \pm l'écart type (n=3). Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a>b>c>d$) et ($A>B>C>D$).

Les teneurs en flavonoïdes des galettes cuites sont inférieures à celles des galettes crues. Les valeurs sont les suivantes : GC présente une teneur de 0,18 mg EQ/100 g, G1 de 1,01 mg EQ/100 g, G2 de 3 mg EQ/100 g et G3 de 0,23 mg EQ/100 g.

Il est probable que la baisse observée soit due à la vulnérabilité des polyphénols à la chaleur. Étant donné que les flavonoïdes font partie des polyphénols, leur réduction est probablement liée à cette diminution générale.

❖ Pâtes à tartiner

Les pâtes à tartiner où le miel est incorporé montrent des teneurs en flavonoïdes plus importantes que le témoin (figure 39).

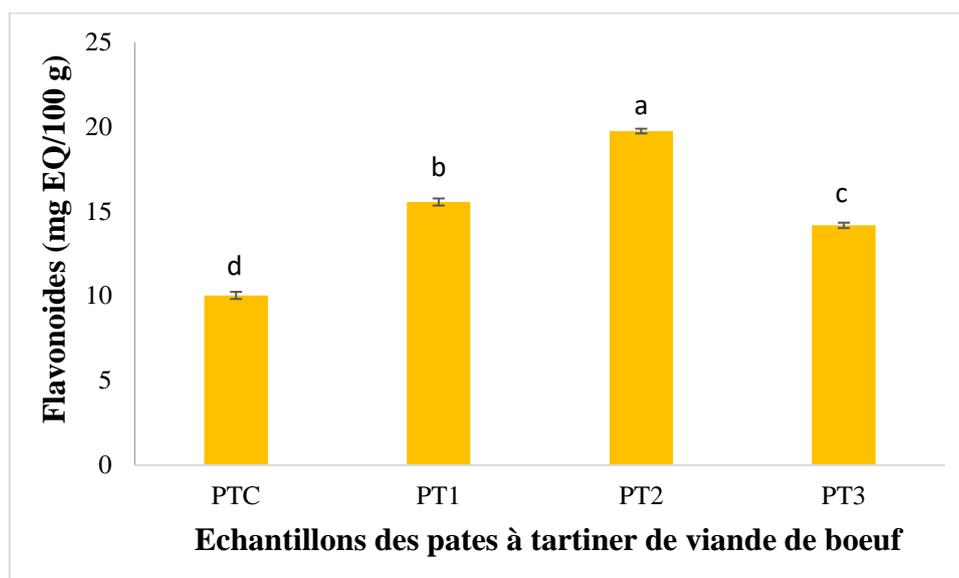


Figure 39 : Teneur en flavonoïdes des pâtes à tartiner de la viande de bœuf.

PTC : pâte à tartiner contrôle, **PT1, PT2 et PT3** : pâtes à tartiner marinées avec H1, H2 et H3, respectivement. Les résultats sont présentés sous forme de la moyenne \pm l'écart type ($n=3$). Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a>b>c>d$).

Les teneurs en flavonoïdes des pâtes à tartiner sont plus ou moins faibles. Les valeurs obtenues varient entre 10 (PTC) et 18 mg EQ/100 g (PT2). Les échantillons des pâtes à tartiner enrichies en miel montrent des teneurs importantes en flavonoïdes que la pâte à tartiner témoin. Cela peut s'expliquer par la présence du miel.

Le test ANOVA révèle que toutes les pâtes à tartiner formulées sont statistiquement différentes ($p < 0,05$).

V.3. Activités antioxydantes

V.3.1. Test DPPH

❖ Galettes crues

Les valeurs de DPPH des galettes crues varient entre 36,14 à 77,98 % (figure 40).

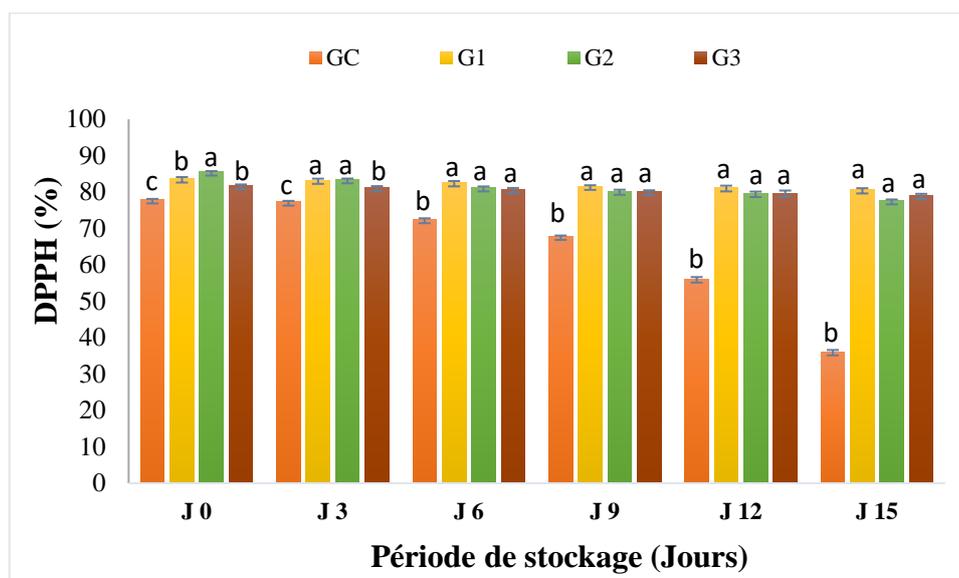


Figure 40 : Suivi des valeurs du test DPPH des galettes crues de viande de bœuf.

GC : galette contrôle, **G1, G2 et G3 :** galettes marinées avec H1, H2 et H3, respectivement. Les résultats sont présentés sous forme de la moyenne \pm l'écart type ($n=3$). Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a>b>c>d$).

Les galettes enrichies en miel présentent des pourcentages plus élevés de réduction du radical DPPH, indiquant une activité antioxydante plus importante. À T_0 , les valeurs en ce paramètre des galettes crues enrichies en miel varient entre 84, 86 et 82 % pour G1, G2 et G3 respectivement, tandis que le résultat pour GC est de 78 %. Après quinze jours, les galettes témoins (GC) ont subi une diminution significative de leurs valeurs qui sont descendues à 36 %. En revanche, les galettes au miel ont maintenu des valeurs presque similaires à celles de départ, avec 81 % pour G1, 78 % pour G2 et 79 % pour G3. Par conséquent, le miel préserve la viande car même après le stockage, les résultats du test DPPH restent élevés par rapport au témoin. Cela est attribué à sa composition chimique qui contient des composés phénoliques agissant comme des antioxydants qui neutralisent les radicaux libres ralentissant ainsi les processus d'oxydation des lipides et des protéines dans la viande.

Les résultats obtenus sont en accord avec ceux rapportés par **Kim et Jang (2021)** qui ont observé une diminution de l'activité antioxydante dans la longe et la ronde de bœuf pendant une période de stockage de 19 jours dans des conditions aérobies à 4 °C.

❖ Galettes cuites

Le test DPPH révèle des résultats significativement bas dans les galettes cuites et les résultats sont présentés dans la figure 41.

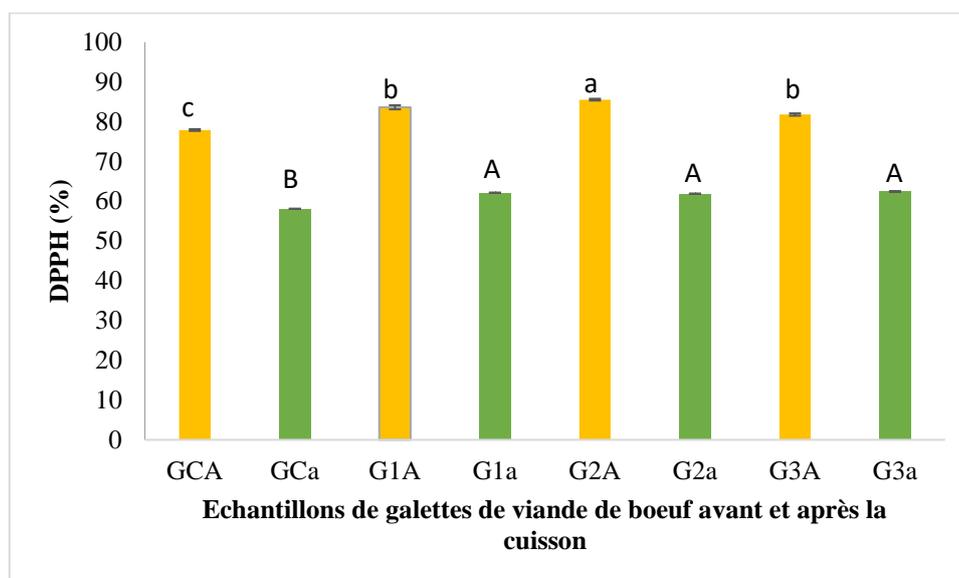


Figure 41 : Valeurs de test DPPH des galettes de viande de bœuf avant et après la cuisson.

GCA : galette contrôle, **G1, G2 et G3** : galettes marinées avec H1, H2 et H3, respectivement, **A et a** : Avant et après la cuisson, respectivement. Les résultats sont présentés sous forme de la moyenne \pm l'écart type ($n=3$). Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a>b>c>d$) et ($A>B>C>D$).

Les valeurs de DPPH des galettes de bœuf après cuisson sont inférieures à celles des galettes crues. L'analyse statistique révèle un groupe homogène formé par les galettes enrichies en miel (G1, G2 et G3) avec des valeurs respectives de 62, 61 et 60 %, respectivement. En revanche, la valeur enregistrée pour le témoin est légèrement inférieure, soit 58 %.

La diminution de DPPH peut être attribuée à plusieurs facteurs. La chaleur entraîne la dégradation des polyphénols responsables de la réduction du radical DPPH et provoque des modifications chimiques qui altèrent leur structure et par conséquent les rendant moins efficaces. De plus, la cuisson favorise l'oxydation, consommant ainsi les antioxydants présents, ce qui réduit leur disponibilité pour réagir avec le radical DPPH diminuant ainsi l'activité antioxydante mesurée.

❖ Pâtes à tartiner

Les résultats des tests DPPH des pâtes à tartiner à base de viande de bœuf sont présentés dans la figure 42.

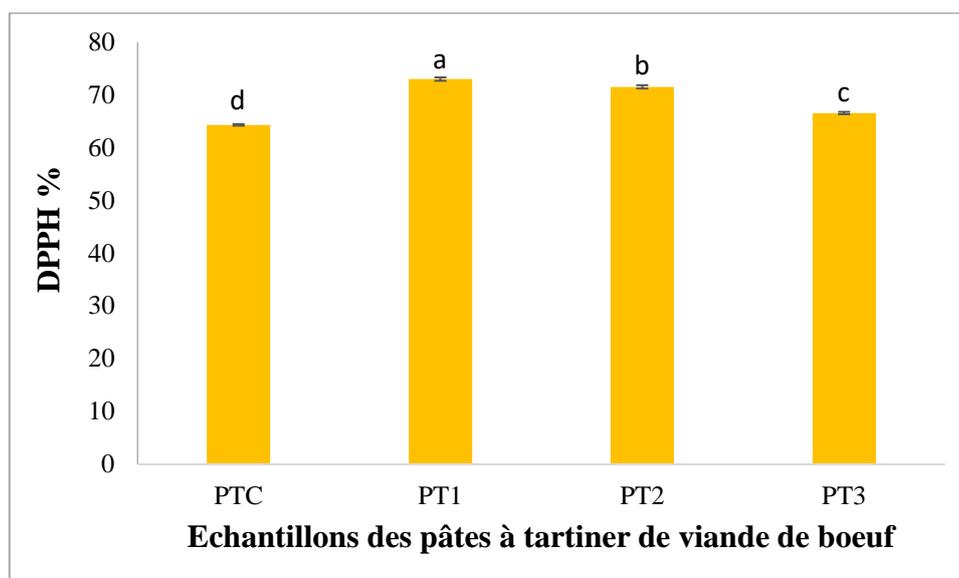


Figure 42 : Valeurs de test DPPH des pâtes à tartiner de la viande de bœuf.

PTC : pâte à tartiner contrôle, **PT1, PT2 et PT3** : pâtes à tartiner marinées avec H1, H2 et H3, respectivement. Les résultats sont présentés sous forme de la moyenne \pm l'écart type ($n=3$). Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a>b>c>d$).

Les pâtes élaborées à base du miel révèlent des valeurs de DPPH plus élevées par rapport au témoin. Les résultats obtenus varient de 64 (PTC) à 73 (PT1) %.

Les pâtes enrichies en miel ont démontré une réduction plus significative du radical DPPH par rapport au témoin. Cette observation peut être attribuée aux antioxydants présents dans le miel qui ont neutralisé ce radical libre. Ces résultats sont en accord avec les tests réalisés sur l'activité antioxydante des miels utilisés, ce qui confirme que les miels utilisés dans cette étude possèdent réellement un pouvoir antioxydant.

V.3.2. Pouvoir réducteur

❖ Galettes crues

Les résultats du pouvoir réducteur des galettes crues tout au long des quinze jours de stockage sont illustrés dans la figure 43.

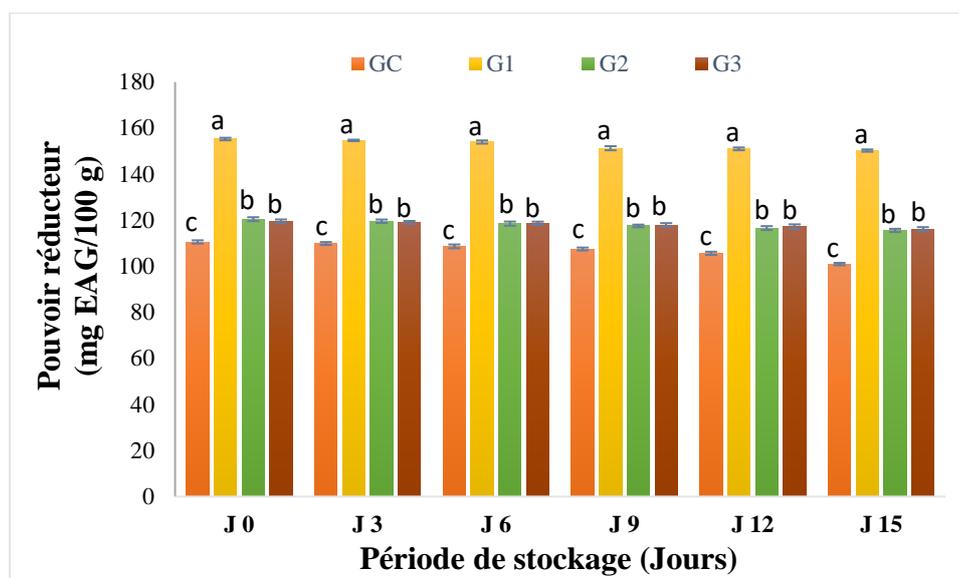


Figure 43 : Suivi des valeurs du test pouvoir réducteur des galettes de viande de bœuf crues.

GC : galette contrôle, **G1, G2 et G3 :** galettes marinées avec H1, H2 et H3, respectivement. Les résultats sont présentés sous forme de la moyenne \pm l'écart type ($n=3$). Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a>b>c>d$).

Les galettes crues G1 présentent la plus forte capacité de réduction, estimée à 155 mg EAG/100 g à T_0 . Après une période de 15 jours, cette valeur a diminué pour atteindre 150 mg EAG/100 g. L'analyse statistique révèle un groupe homogène formé par G2 et G3 à T_0 , les valeurs mesurées sont respectivement de 120 mg EAG/100 g et 119 mg EAG/100 g. Après l'entreposage de quinze jours, ces valeurs ont légèrement diminué pour atteindre 115 mg EAG/100 g pour G2 et 116 mg EAG/100 g pour G3. En ce qui concerne le groupe témoin (GC), sa valeur initiale à T_0 est de 111 mg EAG/100 g, après le stockage, elle a diminué à 100 mg EAG/100 g.

Ces résultats suggèrent que le miel pourrait avoir un effet antioxydant sur la viande, grâce à la présence de polyphénols dans les miels utilisés. En effet, le miel H1 est le plus riche en ces composés et les galettes enrichies avec ce miel ont donné des valeurs de réduction plus élevées, ce qui renforce l'idée de l'effet antioxydant du miel.

❖ Galettes cuites

Les valeurs des galettes cuites enrichies en miel sont supérieures à celles des galettes crues (figure 44).

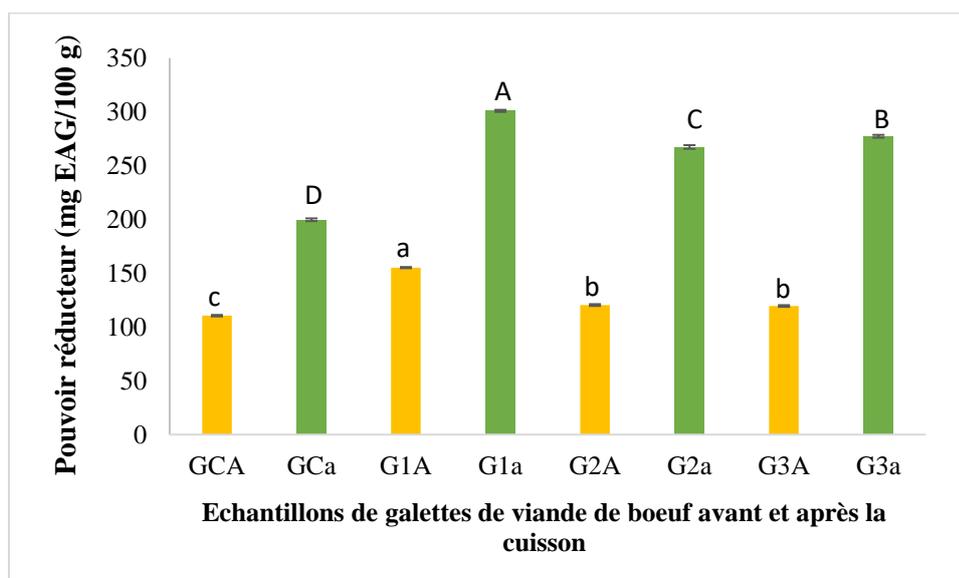


Figure 44 : Résultats du pouvoir réducteur des galettes de viande de bœuf avant et après la cuisson.

GCA : galette contrôle, **G1, G2 et G3** : galettes marinées avec H1, H2 et H3, respectivement, **A et a** : Avant et après la cuisson, respectivement. Les résultats sont présentés sous forme de la moyenne \pm l'écart type ($n=3$). Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a>b>c>d$) et ($A>B>C>D$).

Les différentes valeurs de réduction après la cuisson sont 199 mg EAG/100 g pour GC, 301 mg EAG/100 g pour G1, 267 mg EAG/100 g pour G2 et 277 mg EAG/100 g pour G3. Ces résultats pourraient indiquer que la cuisson a libéré des composés antioxydants liés aux protéines ou aux structures cellulaires, augmentant ainsi le pouvoir réducteur.

❖ Pâtes à tartiner

Les résultats du test de pouvoir réducteur montrent que les échantillons de pâtes à tartiner enrichis en miel ont des valeurs plus élevées que le témoin (figure 45).

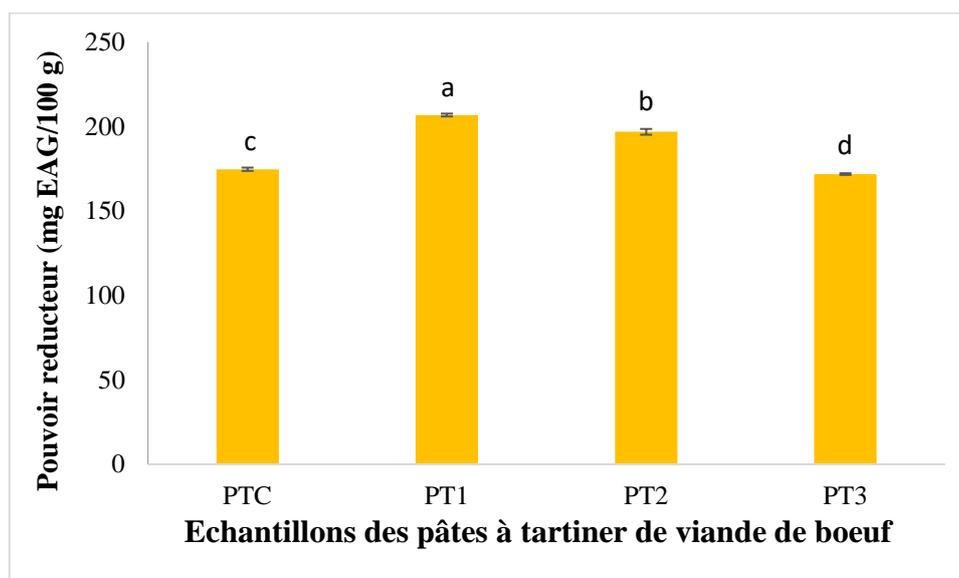


Figure 45 : Résultats du pouvoir réducteur des pâtes à tartiner de la viande de bœuf.

PTC : pâte à tartiner contrôle, **PT1**, **PT2** et **PT3** : pâtes à tartiner marinées avec H1, H2 et H3, respectivement. Les résultats sont présentés sous forme de la moyenne \pm l'écart type ($n=3$). Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a>b>c>d$).

L'analyse statistique révèle une différence significative ($p < 0,05$) entre les pâtes à tartiner. La pâte à tartiner PT1 affiche le pouvoir réducteur le plus élevé avec une valeur de 207 mg EAG/100 g, suivie de la pâte à tartiner PT2 puis la pâte tartiner PT3 en comparaison avec la pâte à tartine témoin PTC qui a un pouvoir réducteur plus bas, avec une valeur de 175 mg EAG/100 g.

Les résultats obtenus indiquent que l'incorporation du miel dans les pâtes à tartiner a renforcé leur potentiel réducteur. Ce pouvoir est généralement lié à la capacité d'un aliment à neutraliser les radicaux libres, protégeant ainsi les cellules contre les dommages oxydatifs. Par conséquent, enrichir les pâtes à tartiner du miel pourrait accroître leurs bénéfices antioxydants.

V.4. Tests d'oxydation des lipides

V.4.1. Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde est un paramètre qui décrit l'état d'oxydation des lipides. Il augmente de manière progressive avec l'oxydation initiale jusqu'à ce que le taux de dégradation des hydroperoxydes formés dépasse la formation de nouveaux hydroperoxydes (**Gharby et al., 2013**).

❖ Galettes crues

La progression de l'oxydation des lipides pendant la période de stockage des galettes crues est représentée dans la figure 46.

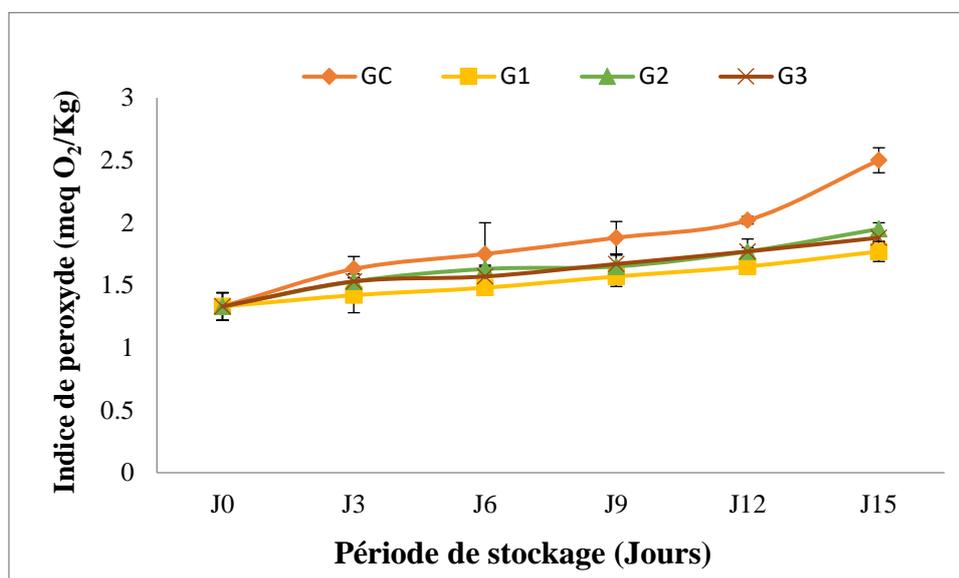


Figure 46 : Suivi de l'indice de peroxyde des galettes crues de viande de bœuf.

GC : galette contrôle, G1, G2 et G3 : galettes marinées avec H1, H2 et H3, respectivement.

A T₀, une valeur de 1,33 meq O₂/kg est obtenue pour toutes les galettes crues étudiées. Après une période de stockage de quinze jours, les résultats obtenus varient de 1,77 (G1) à 2,5 meq O₂/kg (GC).

Les galettes traitées au miel présentent des valeurs d'IP inférieures à celles du groupe témoin. Il est probable que l'augmentation soit due à un taux de formation de nouveaux hydroperoxydes plus rapide que celui de la dégradation des hydroperoxydes en produits d'oxydation secondaires. Cette hypothèse est émise par **Hwang et al. (2013)**.

Ces résultats sont en accord à ceux de **Kalyoubi et al. (2014)** qui ont observé une augmentation des taux de peroxydation dans tous les échantillons de tranches de poulet pendant une période de stockage de quatorze jours, avec une augmentation moins prononcée dans les échantillons enrichis en miel.

❖ **Galettes cuites**

Le test d'indice de peroxyde évalué sur les galettes enrichies en miel après la cuisson est négatif par rapport aux galettes témoins qui ont enregistré une valeur d'IP de 0,2 meq O₂/kg, indiquant que le miel préserve la qualité et empêche l'oxydation des lipides de la viande lors de la cuisson à 85 °C.

V.4.2. Test de TBARS (Substances Réactives à l'Acide Thiobarbiturique)

TBARS est une méthode de mesure qui évalue les niveaux de MDA (malondialdéhyde), un produit secondaire formé par l'oxydation des acides gras insaturés. Cette réaction implique la formation d'un complexe rose entre le MDA et le TBA, connu sous le nom de chromogène TBA, avec une absorbance maximale à 538 nm (Hwang *et al.*, 2013).

❖ **Galettes crues**

Une augmentation progressive des valeurs de MDA est observée pendant le stockage des galettes de viandes crues (figure 47).

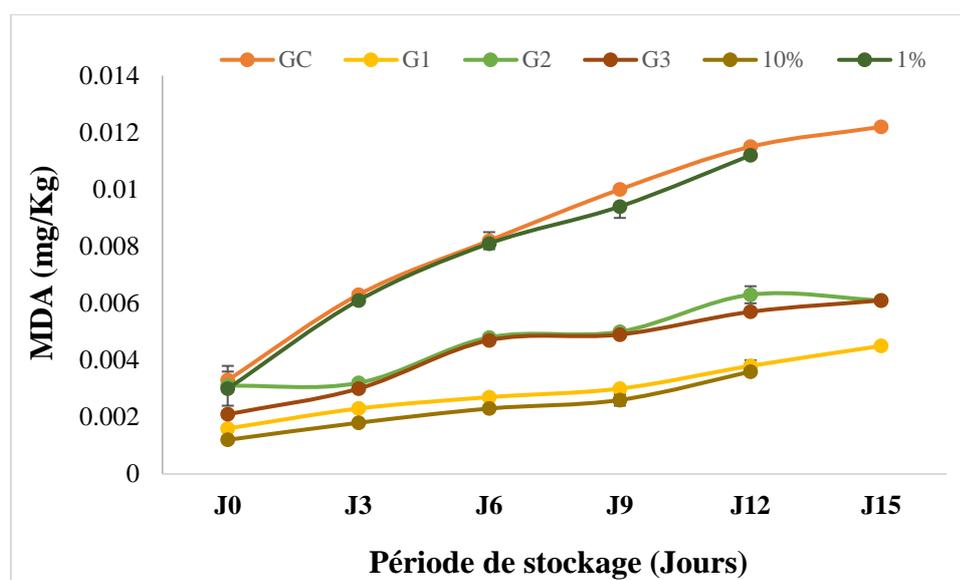


Figure 47 : Suivi de progression de TBA des galettes crues de viande de bœuf.

GC : galette contrôle, G1, G2 et G3 : galettes marinées avec H1, H2 et H3, respectivement.

Les galettes GC présentent une augmentation significative de l'oxydation, passant de 0,0033 à 0,00122 mg/kg à T₀ et T₁₅, respectivement. Les résultats des galettes G1 évoluent de 0,0016 mg/kg à T₀ à 0,0045 mg/kg à T₁₅. En ce qui concerne les galettes G2 et G3, une similarité dans les résultats est remarquée, à T₀, les galettes G2 montrent une valeur de 0,0031mg/kg, tandis que les galettes G3 enregistrent une valeur de 0,0021 mg/kg. Les valeurs évoluent ensuite pour atteindre 0,0061mg/kg après 15 jours.

Un essai est réalisé en utilisant des concentrations de 1 et 10 % (m/v) de miel pour mariner les galettes de viande de bœuf.

Les galettes contenant une concentration de miel incorporée de 1 % (m/v) ont présenté des résultats similaires au témoin, avec 0,0030 mg/kg à T₀ et 0,0112 mg/kg à T₁₅. En revanche, celles contenant 10 % de miel ont affichés les taux les plus bas de MDA pendant toute la période de stockage, passant de 0,0012 mg/kg à T₀ à 0,0036 mg/kg à T₁₅.

Les valeurs de TBARS augmentent de façon significative dans les galettes témoins et celles contenant 1 % (m/v) de miel tout au long de l'entreposage. Par contre, pour les galettes de 5 et 10 % (m/v) de miel, l'élévation des valeurs se produit à un rythme plus lent. Cela peut être attribué aux composés phytochimiques du miel incorporé qui possèdent des activités antioxydantes.

Bien que l'utilisation du miel à une concentration de 10 % (m/v) freine l'oxydation des lipides qui influence négativement la couleur des galettes de viande, une teinte légèrement pâle est apparue sur ces galettes à la fin de la période de l'entreposage. Après un stockage de 12 jours, une diminution significative de la couleur rouge de la viande est observée, la valeur de a* est passée de 35 à T₃ à 24 à T₁₂. Parallèlement, une augmentation des valeurs de b* est notée, passant de 28 à T₃ à 34 à T₁₂, en donnant par la suite aux galettes de viande de bœuf une coloration rouge pâle (figure 48).

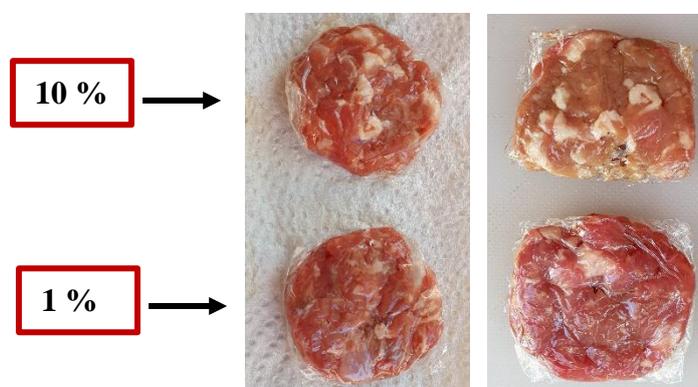


Figure 48 : Photographie des galettes enrichies avec des concentrations du miel de 1 et 10 %.

Les résultats enregistrés par le test TBA sont en accord avec ceux de **Ayoob *et al.* (2023)** qui ont constaté que le traitement au miel réduit considérablement les substances réactives à l'acide thiobarbiturique (TBA) des lipides et que les échantillons traités avec 10 % (m/v) de miel présentent des niveaux de TBA minimaux pendant le stockage, comparativement aux échantillons témoins et traités avec 5 % (m/v) de miel.

De nombreuses études récentes ont démontré que les polyphénols et les extraits riches en polyphénols inhibent la peroxydation lipidique dans la viande et les produits carnés (**Papuc *et al.*, 2017**).

La majorité des antioxydants naturels présents dans la nature sont des composés phénoliques. Ces composés possèdent une forte capacité à donner des atomes d'hydrogène (H^{\cdot}) et à neutraliser les radicaux libres. Certains composés phénoliques empêchent la génération de radicaux libres et la formation d'espèces réactives de l'oxygène tandis que d'autres éliminent les radicaux libres et chélatent les métaux de transition pro-oxydants (**Amaral *et al.*, 2018**).

Brett et Ghica (2003) ont montré que dans les systèmes alimentaires, la quercétine peut agir comme un terminateur de réaction en chaîne en neutralisant les radicaux libres (R^{\cdot}) en donnant des atomes d'hydrogène de ses groupes 3-hydroxyle et 4-hydroxyle, ou par un mécanisme de transfert d'électrons et de protons, formant ainsi une quinone à faible activité. **Ouchemoukh *et al.* (2017)** ont confirmé la présence de quercétine, de kaempférol et de génistéine dans les miels Algériens. En outre, **Chen *et al.* (2002)** ont démontré que ces composés présentent une bonne activité chélatrice du radical OH^{\cdot} . Ceci indique que les échantillons du miel utilisés ont la capacité réelle de réduire l'oxydation des lipides.

❖ Galettes cuites

Les différentes valeurs de TBA enregistrées dans les galettes cuites sont représentées dans la figure 49.

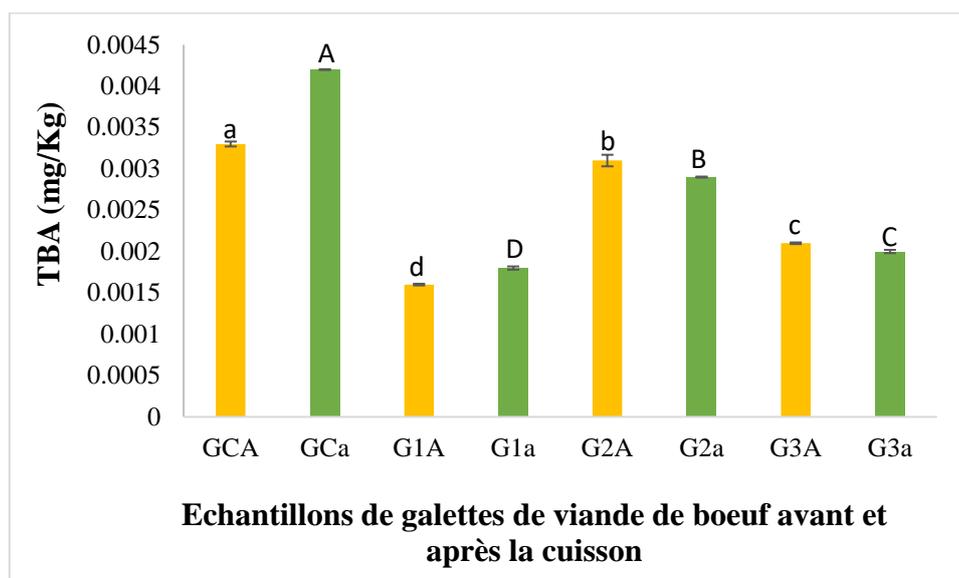


Figure 49 : Valeurs de TBA des galettes de viande de bœuf avant et après la cuisson.

GCA : galette contrôle, **G1, G2 et G3** : galettes marinées avec H1, H2 et H3, respectivement, **A et a** : Avant et après la cuisson, respectivement. Les résultats sont présentés sous forme de la moyenne \pm l'écart type ($n=3$). Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a>b>c>d$).

Les valeurs de TBA des galettes cuites varient de 0,0018 (G1) à 0,0042 mg/kg (GC). Une augmentation des valeurs de TBA après la cuisson est observée. Cette augmentation étant plus marquée dans les galettes témoins par rapport à celles incorporées de miel.

Cette faible évolution des niveaux de MDA dans les galettes enrichies en miel suggère que la peroxydation des lipides est réduite par rapport aux témoins (**Benguendouz et al., 2017**). La cuisson de la viande endommage la structure cellulaire. Les interactions pro-oxydantes avec les acides gras polyinsaturés peuvent entraîner une oxydation des lipides (**Fencioglu et al., 2022**).

Les résultats obtenus sont inférieurs à ceux rapportés par **Ali et al. (2022)** qui sont compris entre 0,10 et 0,19 mg/kg dans leur étude sur l'incorporation de différentes concentrations de miel dans les saucisses de poulet, suivies de leur cuisson. Cependant, le test ANOVA révèle que tous les échantillons sont statistiquement différents.

❖ Pâtes à tartiner

Les valeurs de test TBARS des pâtes à tartiner enrichies en miel sont inférieures au témoin (figure 50).

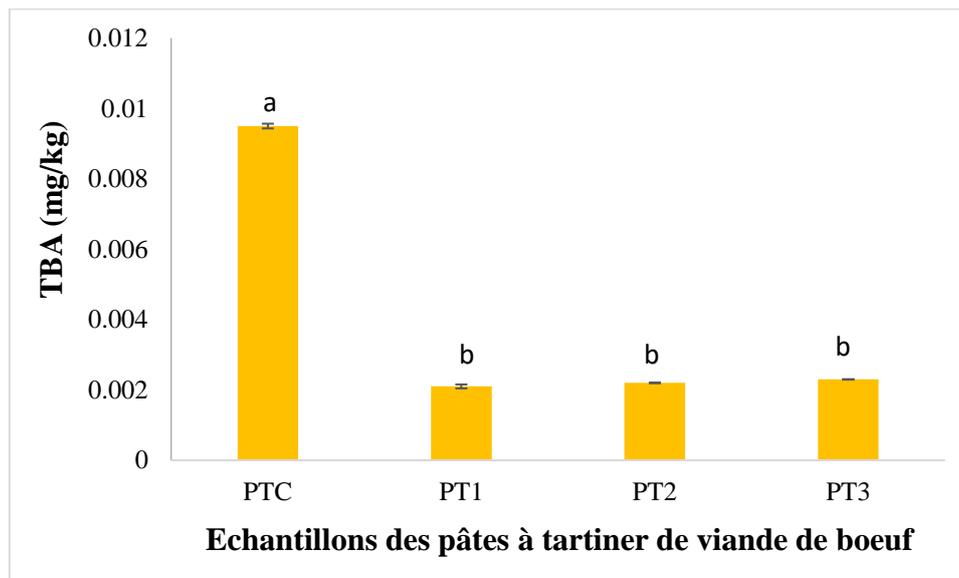


Figure 50 : Valeurs de TBA des pâtes à tartiner de viande de bœuf.

PTC : pâte à tartiner contrôle, **PT1**, **PT2** et **PT3** : pâtes à tartiner marinées avec H1, H2 et H3, respectivement. Les résultats sont présentés sous forme de la moyenne \pm l'écart type ($n=3$). Les barres verticales représentent les écarts types. Les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes ($a>b>c>d$).

La pâte à tartiner PT1 enregistre une valeur de TBA de 0,0021 mg/kg, indiquant la plus faible oxydation des lipides. Les pâtes à tartiner PT2 et PT3 ont des niveaux d'oxydation légèrement similaires avec des valeurs de TBA obtenues par PT1 (0,0022 et 0,0023 mg/kg, respectivement). En revanche, la pâte à tartiner témoin montre une oxydation significativement plus élevée (0,0095 mg/kg) que celles enrichies en miel.

Une similitude est observée entre les résultats des pâtes à tartiner enrichies en miel qui montrent des taux d'oxydation des lipides plus faibles, suggérant que l'addition de miel pourrait jouer un rôle clé dans la réduction de l'oxydation des lipides.

L'analyse statistique révèle l'existence d'un groupe homogène formé des trois pâtes à tartiner enrichies en miel (PT1, PT2 et PT3) indiquant l'absence d'une différence significative entre elles.

V.5. Dénombrement de la flore totale aérobique mésophile des galettes de viande de bœuf crues

Le dénombrement de la FTAM des galettes de viande de bœuf témoin et marinées avec le miel renseigne sur la charge bactérienne des galettes et donc sur leur qualité microbiologique, indiquant ainsi la propriété du produit à la consommation ou non. Les résultats sont illustrés dans le tableau V et les photographies des résultats sont représentées dans l'annexe 3.

Tableau V : Nombre total de la charge microbienne (log CFU/g) dans différentes galettes de viandes témoin et marinées avec le miel.

Galettes de viande crues	T ₀ (le jour même de la réception)	T _f (après 15 jours)	T _f - T ₀
GC	3,05±0,02 ^a	7,01±0,05 ^a	3,96
G1	3,05±0,02 ^a	4,58 ± 0,04 ^d	1,53
G2	3,05±0,02 ^a	4,68 ± 0,02 ^c	1,63
G3	3,05±0,02 ^a	5,22 ± 0,08 ^b	2,17

GC : galettes témoins, **G1, G2 et G3** : galettes marinées avec les miels **H1, H2 et H3**, respectivement. Les résultats sont présentés sous forme moyenne ± écart-type. Les valeurs (par colonne) qui portent même lettre ne sont différents statistiquement (a>b>c>d).

La qualité microbiologique de la viande bovine se situe dans les limites acceptables lors de sa réception. Cependant, après 15 jours de stockage à 4 °C, le nombre total de la charge bactérienne est plus prononcé (7,01 log CFU/g) chez les galettes témoins par rapport aux galettes marinées avec les miels (G1<G2<G3). Cette augmentation entraîne une détérioration de la qualité de la viande et la rend impropre à la consommation. Les résultats obtenus révèlent que le miel à une concentration de 5 % (m/v) retarde la croissance des bactéries et prolonge la durée de la conservation des galettes de la viande bovine, grâce à sa richesse en substances inhibitrices antimicrobiennes telles que : les antioxydants et la production de peroxyde d'hydrogène (H₂O₂).

En effet, **Otmani et al. (2021)** ont évalué et confirmé le potentiel antibactérien des miels Algériens vis-à-vis de plusieurs souches Gram positives et négatives.

En déduction, le miel peut être utilisé comme un ingrédient naturel et sain pour la marinade en limitant la croissance bactérienne. Il est sans effet négatif sur la qualité de la viande bovine et ses caractéristiques sensorielles.

VII. Analyses sensorielles

L'évaluation sensorielle des pâtes à tartiner de viande de bœuf hachée témoin et enrichies en miel élaborées à l'échelle laboratoire est effectuée par 12 jurys qualifiés (panel expert), le questionnaire de cette analyse est donné dans l'annexe 4.

VII.1. Caractérisation de produits

Le but de ce test se base sur l'identification des caractéristiques clés ainsi que des descripteurs ou des attributs sensoriels qui permettent de mieux différencier les produits évalués par le jury. Lorsque les résultats sont en vert, cela signifie que le coefficient du descripteur est positif (apprécié), en rouge, cela indique un coefficient significativement négatif (non apprécié), en blanc, cela indique que les caractéristiques ne sont pas détectées (**Husson et al., 2009**).

➤ Pouvoir discriminant par descripteur

L'objectif de ce test est de représenter les attributs sensoriels des produits dégustés par le jury d'expert, classés selon leur pouvoir discriminant, du plus fort au plus faible, en fonction de la valeur de p. Les résultats sont présentés à la fois dans la figure 51 et dans le tableau VI.

Tableau VI : Pouvoir discriminant par descripteur.

Descripteurs	Valeurs test	p-values
Goût (sucré)	5,112	0,000
Couleur	3,554	0,000
Texture	1,311	0,095
Tartinabilité	0,761	0,223
Arôme de miel	0,529	0,298
Odeur	-1,381	0,916

Le tableau rassemble les descripteurs ordonnés du plus discriminant au moins discriminant sur les pâtes à tartiner de viande de bœuf hachée témoin et enrichies en miel. Les valeurs obtenues révèlent que le goût (sucré) est le descripteur le plus discriminant et les p-values associées montrent toutes un effet significatif du descripteur.

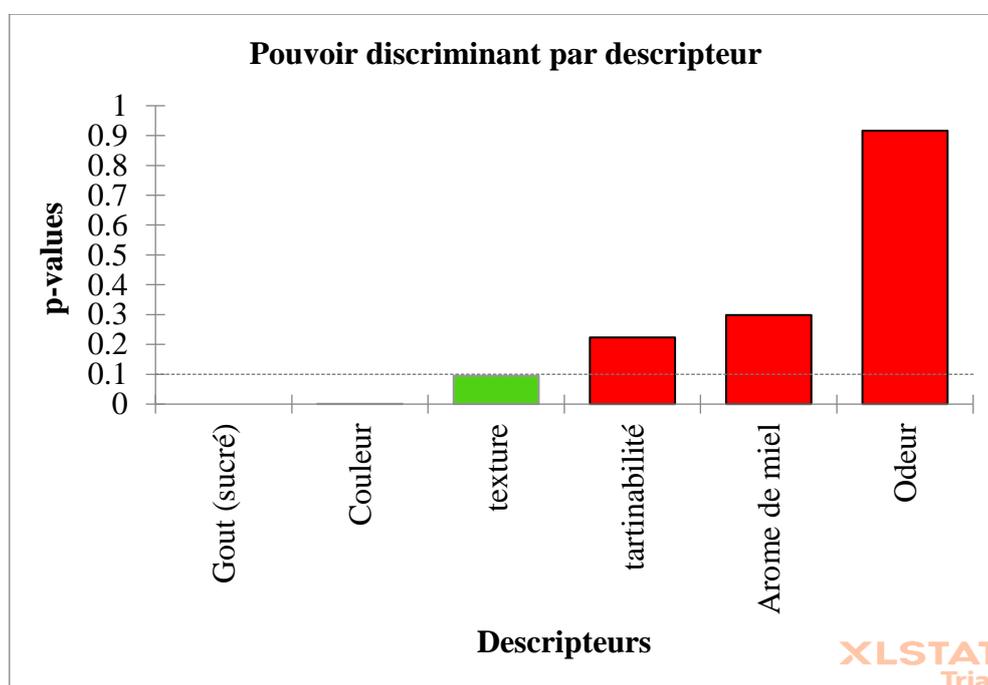


Figure 51 : Pouvoir discriminant par descripteur des pâtes à tartiner de viande de bœuf hachée.

La figure illustre également les descripteurs ordonnés du plus discriminant au moins discriminant sur les pâtes à tartiner de viande de bœuf hachée. La couleur, la texture et le goût (sucré) sont les descripteurs qui ont le plus fort pouvoir discriminant sur les quatre pâtes à tartiner de viande de bœuf hachée élaborées, avec goût (sucré) > Couleur > Texture indiquant que les experts ont constaté des différences sensorielles entre les quatre pâtes à tartiner de viande de bœuf hachée au niveau de ces trois descripteurs.

Les descripteurs suivants : Tartinabilité, Arôme de miel et Odeur ont un pouvoir discriminant faible, ce qui signifie que les experts n'ont pas constaté des différences entre les descripteurs des échantillons de pâtes à tartiner.

En déduction, d'une manière générale, les quatre échantillons de pâtes à tartiner ont des descripteurs différents qui les distinguent les uns par rapport aux autres.

➤ Coefficients des modèles

Les coefficients du modèle sélectionné sont affichés pour chaque descripteur et pour chaque produit. Cela permet d'évaluer la performance globale du panel d'experts en fonction de deux facteurs (produit et juge) pour chaque descripteur (**Pagès *et al.*, 2006**). Pour chaque produit, une représentation graphique des coefficients est associée aux différents descripteurs. Les résultats des coefficients des modèles sont présentés dans la figure 52.

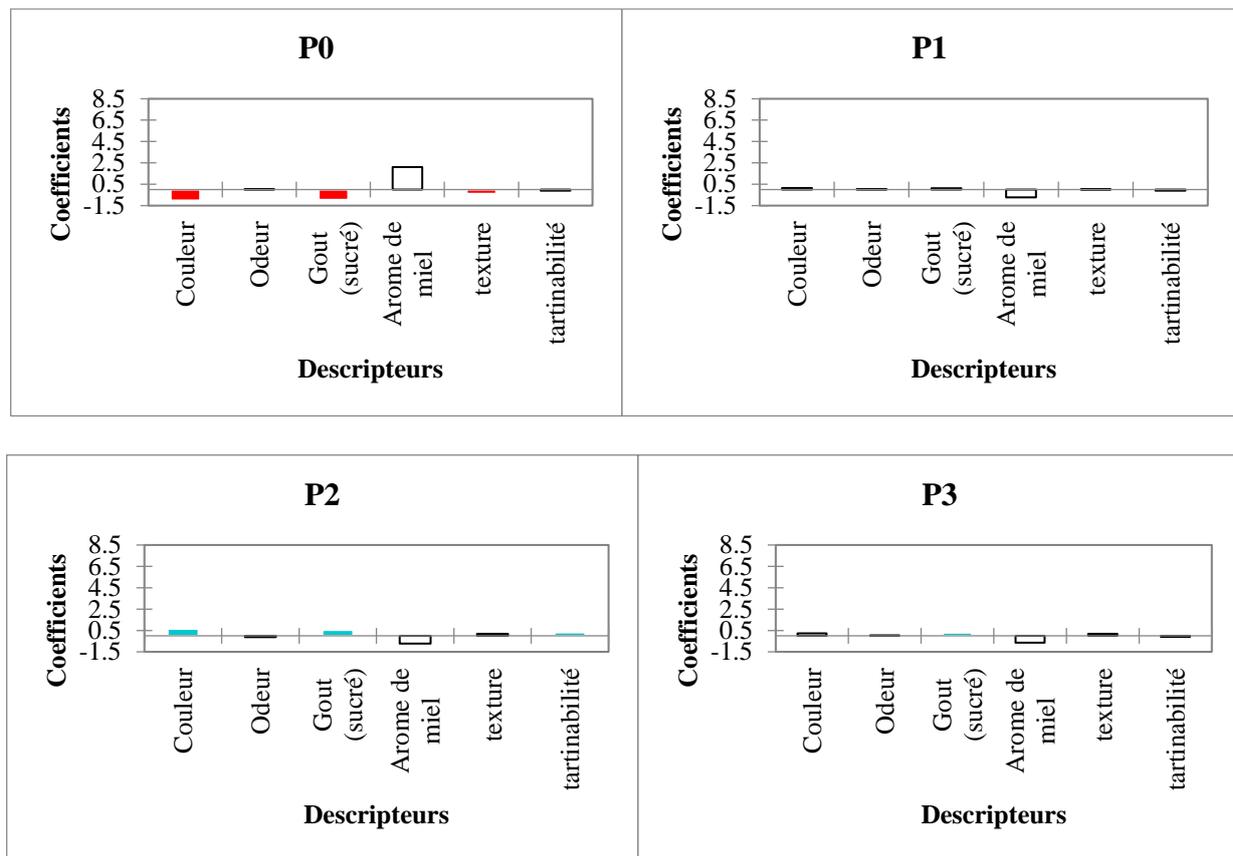


Figure 52 : Coefficients des modèles des quatre pâtes à tartiner de viande de bœuf hachée témoin (P0) et enrichies en miel (P1, P2 et P3).

Les graphiques présentés dans la figure permettent de visualiser et d'établir si les descripteurs des différents échantillons de pâtes à tartiner sont appréciés ou non par les jurys experts.

La pâte à tartiner de viande de bœuf hachée témoin (P0), les caractéristiques couleur, goût (sucré) et texture sont présentées en rouge, indiquant que ces caractéristiques ne sont pas appréciées par les experts. La pâte à tartiner de viande de bœuf hachée P2, en bleu, les caractéristiques la couleur, le goût (sucré) et la tartinabilité sont appréciées par tous les experts et en blanc celles que les jurys experts ne sont pas arrivés à les détecter. Ce qui indique que la pâte à tartiner de viande de bœuf hachée est caractérisée par de bonnes couleur, tartinabilité appréciables et un goût remarquable apprécié par les jurys. Egalement, la pâte à tartiner P3 est caractérisée par son goût apprécié par les jurys contrairement aux autres descripteurs

Cependant, l'ensemble des descripteurs de la pâte à tartiner P1 sont affichés en blanc, indiquant qu'ils ne sont pas significatifs. Par conséquent, les membres du jury n'ont pas pu détecter les caractéristiques de ce produit.

➤ Moyennes ajustées par produit

L'objectif principal de ce test est de définir les moyennes ajustées calculées à partir du modèle pour chaque combinaison descripteur-produit. Les résultats des moyennes ajustées par produit sont présentés dans le tableau VII.

Tableau VII : Moyennes ajustées par produit.

	Couleur	Goût (sucré)	Texture	Tartinabilité	Odeur	Arôme de miel
P2	3,417	2,583	3,500	3,833	3,000	1,583
P3	3,000	2,333	3,500	3,417	3,167	1,667
P1	2,917	2,167	3,333	3,417	3,167	1,583
P0	1,750	1,083	2,917	3,417	3,167	4,417

Le tableau des moyennes ajustées par produit permet de mettre en évidence les moyennes lorsque les différents produits et caractéristiques (attributs sensoriels) sont croisés. Les cellules bleues indiquent que les descripteurs ont un effet discriminant significativement positif sur le produit, les cellules rouges correspondent aux descripteurs ayant un effet discriminant significativement négatif sur le produit, et les cellules blanches indiquent que les descripteurs n'ont aucun effet discriminant sur les produits.

Pour la pâte à tartiner P2, les descripteurs de couleur, de goût (sucré) et de tartinabilité ont un effet discriminant significativement positif sur le produit. En revanche, les descripteurs de texture, d'odeur et d'arôme de miel n'ont pas d'effet discriminant significatif, ce qui indique que ces descripteurs ne sont pas appréciés dans cette formulation.

Le descripteur goût (sucré) de la pâte à tartiner P3 a un effet discriminant significativement positif sur le produit tandis que les autres n'ont aucun effet discriminant significativement sur le produit, c'est-à-dire ces descripteurs ne sont pas appréciés par les jurys dans la pâte à tartiner P3. Egalement, les descripteurs la couleur, le goût (sucré) et la texture de la pâte à tartiner P0 (témoin) ont un effet discriminant significativement négatif sur le produit, signifiant qu'ils ne sont pas appréciés par les experts.

En revanche, les valeurs obtenues de la pâte à tartiner P1 révèlent que tous les descripteurs n'ont aucun effet discriminant significativement sur le produit, indiquant que ces descripteurs ne sont pas appréciés par les experts.

VII.2. Cartographie des préférences externes

VII.2.1. Analyse des composantes principales (ACP)

Le graphique présentée dans la figure 53 révèle l'existence des corrélations entre les variables en présence des observations (les produits) et les facteurs par l'ACP.

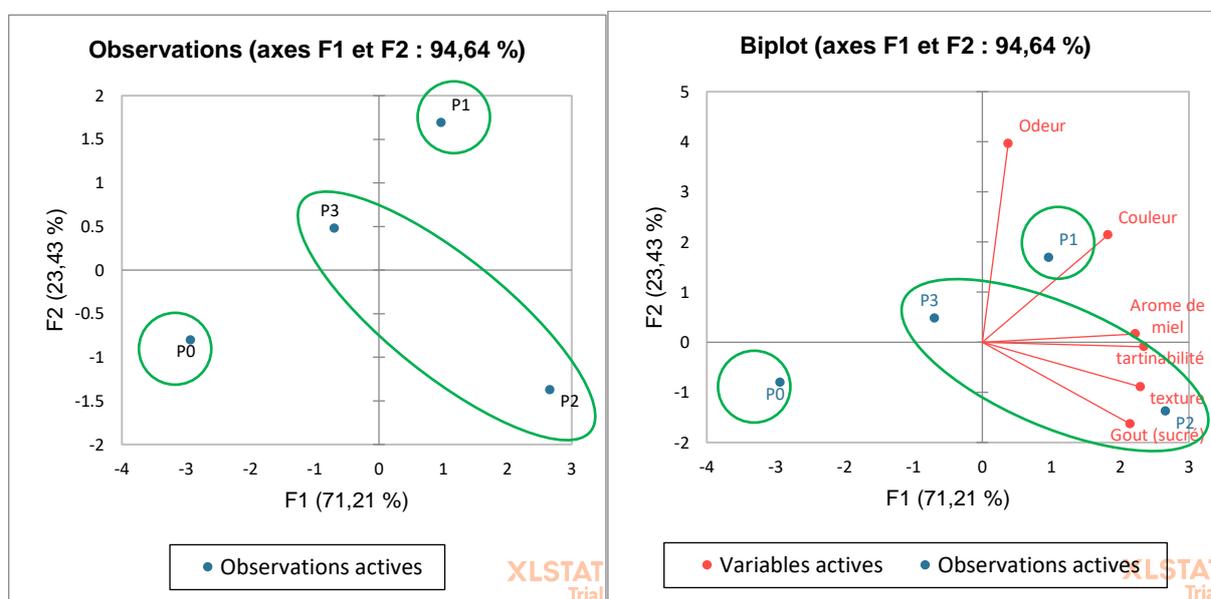


Figure 53 : ACP des pâtes à tartiner de viande de bœuf hachée.

P0 : pâte à tartiner, P1, P2 et P3 : pâtes à tartiner enrichies en miel H1, H2 et H3, respectivement.

La figure montre les différentes pâtes à tartiner de viande de bœuf hachée témoin et enrichies en miel. L'ACP montre deux composantes principales CP-1 et CP-2 représentant 94,64 % de la variation totale. CP-1, représentant 71,21 % des données, sépare les pâtes à tartiner reformulées en trois groupes principaux. Le premier groupe est composé de deux pâtes à tartiner P2 et P3, situé dans les quadrants supérieurs gauches (P3) et inférieur droit (P2) qui est caractérisé par leur bonne texture, bonne capacité d'étalement et leur goût (sucré) remarquable et attrayant. Le deuxième groupe, composé de la pâte à tartiner P1, situé dans le quadrant supérieur droit, qui est apprécié par les jurys en raison de son odeur remarquable et de sa couleur attrayante. Le dernier groupe présente la pâte à tartiner témoin P0, localisé dans le quadrant inférieur gauche loin des descripteurs indiquant la non appréciation des jurys en terme des descripteurs évalués.

De plus, l'ACP montre que les descripteurs l'arôme, le goût, la texture et la tartinabilité sont corrélés positivement car ils sont très proches les uns des autres. Les résultats obtenus indiquent que les variables sensorielles de la pâte à tartiner de viande de bœuf hachée (couleur, goût, odeur, texture et tartinabilité) déterminent la qualité de pâte à tartiner de viande de bœuf hachée, son acceptation par les consommateurs et sa commercialisation.

➤ Cartographie PREFMAP

La méthode PREFMAP est appliquée en utilisant les coordonnées des pâtes à tartiner dans l'espace factoriel bidimensionnel et les évaluations fournies par les experts. Les jurys ont différencié les pâtes à tartiner de viande de bœuf hachée avec 94,64 % de la variabilité expliquée par les deux composantes CP1 et CP2 (Figure 54). La CP1 a caractérisé l'ensemble des descripteurs. La cartographie PREFMAP illustrée à la figure montre le pourcentage de préférence des margarines enrichies en miel dans un graphique en courbes de niveau.

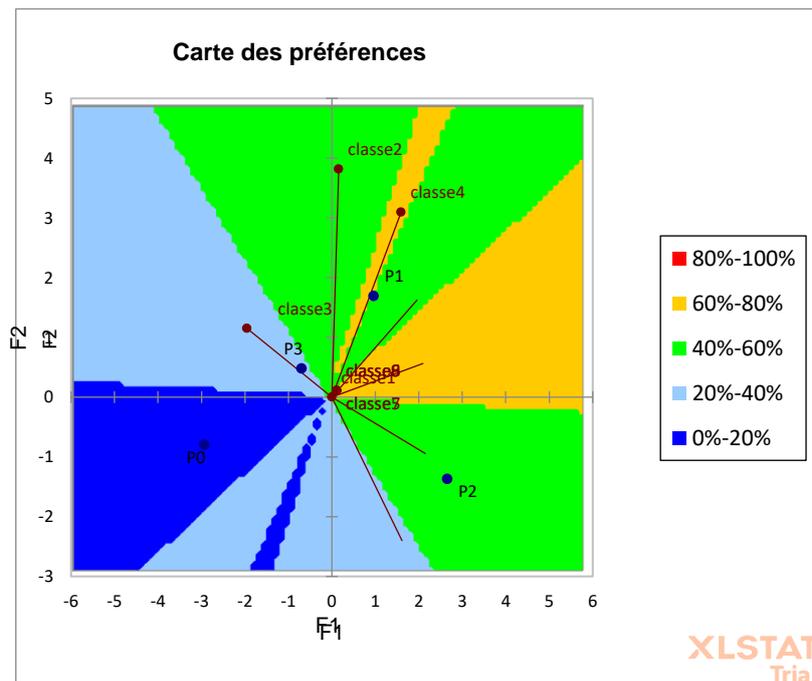


Figure 54 : Cartographie des préférences externes (PREFMAP).

A partir de la figure, la pâte à tartiner P1 se situe dans la fourchette de 60 à 80 % des préférences des jurys avec un pourcentage de satisfaction de 67 %, ce qui explique que cette formulation est la plus appréciée et préférée par les jurys. Les deux pâtes à tartiner P2 et P3 placées sur les côtés vert et bleu, respectivement, du graphique représentent un pourcentage de préférence compris entre 40 et 60 % et entre 20 et 40 %, avec un pourcentage de satisfaction de 44 % et de 33 %, ce qui indique que ces pâtes à tartiner sont les moins préférées par tous les dégustateurs. En revanche, la pâte à tartiner P0 placée sur le côté bleu foncé du graphique représente un pourcentage de préférence des consommateurs compris entre 00 et 20 %, avec un pourcentage de satisfaction de 11 % signifiant que cette pâte à tartiner n'est pas préférée par les jurys.

VIII. Corrélations

VIII.1. Corrélation des galettes crues

L'analyse de corrélation par Spearman illustrée dans le tableau VIII révèle de fortes corrélations statistiquement hautement et très hautement significatives observées entre la couleur et le pH ; les activités antioxydantes (DPPH et pouvoir réducteur) et le test de TBA. Ce dernier révèle que plus la luminosité du miel est élevée plus le produit est dépourvu de substances de TBA signifiant absence de peroxydation qui se manifeste par une coloration foncée. Egalement, les flavonoïdes enregistrent une corrélation positive très hautement significative avec l'indice de peroxyde ($r= 0,95$, $p<0,001$) tandis que les polyphénols enregistrent une corrélation négative hautement significative avec le test du TBA ($r= -0,80$, $p<0,01$), indiquant que plus la galette de viande de bœuf est riche en antioxydants, spécialement en polyphénols, plus sa stabilité oxydative est meilleure et sa qualité nutritionnelle est préservée. En effet, les galettes de viande de bœuf enrichie avec le miel H1 ont enregistré des valeurs plus faible en TBA au cours du stockage de 15 jours suite à sa richesse en antioxydants obtenus après l'ajout du miel H1 qui a révélé des teneurs élevées en antioxydants et des meilleures activités antioxydantes par rapport aux autres miels. Ceci témoigne bien les corrélations obtenues.

VIII.2. Corrélation des pâtes à tartiner

L'analyse de corrélation par Spearman illustrée dans le tableau IX révèle de fortes corrélations positives statistiquement significatives observées entre les trois paramètres de la couleur ($L^*a^*b^*$). En outre, L^* et b^* enregistrent une corrélation positive significative avec la teneur en flavonoïdes ($r= 0,62$ et $r=0,60$, $p<0,05$, respectivement) et une autre négative avec le test du pouvoir réducteur ($r= -0,72$, $p<0,05$ et $r= -0,72$, $p<0,01$, respectivement). De plus, a^* et b^* révèlent des corrélations positives avec le test DPPH ($r= 0,77$, $p<0,01$ et $r= 0,61$, $p<0,05$, respectivement). Les polyphénols enregistrent une corrélation négative très hautement significative avec le test du TBA ($r= -0,97$, $p<0,001$) ; les flavonoïdes révèlent une corrélation négative significative avec le test TBA, indiquant que plus la pâte à tartiner de viande de bœuf est riche en antioxydants, spécialement en polyphénols, plus sa stabilité oxydative est meilleure et sa qualité nutritionnelle est préservée.

En effet, la pâte à tartiner de viande de bœuf enrichie avec le miel H1 a enregistré des valeurs plus faible en TBA suite à sa richesse en antioxydants obtenus après l'ajout de miel H1 qui a révélé des teneurs élevées en antioxydants et des meilleures activités antioxydantes par rapport aux miels H2 et H3. Ceci confirme les corrélations obtenues.

Tableau VIII : Matrice de corrélations entre les paramètres physicochimiques, les antioxydants et l'activité antioxydante des galettes crues.

	L*	a*	b*	pH	PT	FT	DPPH	PR	IP	TBA
L*	1,0									
a*	-0,4	1,00								
b*	-1,0	0,40	1,0							
pH	-0,9***	0,54	0,9***	1,00						
PT	0,4	0,32	-0,4	-0,12	1,00					
FT	0,2	-0,02	-0,2	0,19	0,32	1,00				
DPPH	0,8**	-0,56	-0,8**	-0,63**	0,32	0,57	1,00			
PR	0,9***	-0,29	-0,9***	-0,64**	0,67*	0,44	0,86***	1,00		
IP	0,0	0,00	0,0	0,34	0,27	0,95***	0,44	0,31	1,00	
TBA	-0,8**	0,20	0,8**	0,63**	-0,80**	-0,11	-0,60	-0,88***	0,00	1,00

Chiffre de couleur rouge : corrélation. ***: Corrélation très hautement significative ($p < 0,001$). **: Corrélation très significative ($p < 0,01$). *: Corrélation significative ($p < 0,05$).

PT : polyphénols totaux. **FT** : flavonoïdes totaux. **PR** : pouvoir réducteur. **TBA** : acide thiobarbiturique. **IP** : indice de peroxyde. **DPPH** : 2,2-diphinol-1-picrylhydrazyl.

Tableau IX : Matrice de corrélations entre les paramètres physicochimiques, les antioxydants et l'activité antioxydante des pâtes à tartiner.

	L*	a*	b*	pH	Humidité	PT	FT	PR	DPPH	TBA
L*	1,00									
a*	0,80**	1,00								
b*	0,96***	0,79**	1,00							
pH	0,39	-0,03	0,38	1,00						
Humidité	0,00	-0,38	-0,01	0,80**	1,00					
PT	-0,16	-0,36	-0,19	-0,27	-0,38	1,00				
FT	0,62*	0,31	0,60*	-0,01	-0,31	0,61*	1,00			
PR	-0,70*	-0,33	-0,72**	-0,78**	-0,59*	0,40	-0,24	1,00		
DPPH	0,55	0,77**	0,61*	-0,37	-0,76**	0,16	0,56	0,02	1,00	
TBA	0,17	0,36	0,16	0,29	0,39	-0,97***	-0,62*	-0,42	-0,20	1,00

Chiffre de couleur rouge : corrélation. ***: Corrélation très hautement significative ($p < 0,001$). **: Corrélation très significative ($p < 0,01$). *: Corrélation significative ($p < 0,05$).

PT : polyphénols totaux. **FT** : flavonoïdes totaux. **PR** : pouvoir réducteur. **TBA** : acide thiobarbiturique. **IP** : indice de peroxyde. **DPPH** : 2,2-diphinol-1-picrylhydrazyl.

IX. Analyse en composantes principale (ACP)

IX.1. ACP des galettes crues

L'analyse en composantes principale (ACP), un procédé statistique, est utilisée pour analyser et identifier les différentes galettes crues de viandes de bœufs (témoins et celles marinées en miel) qui présentent des caractéristiques similaires à partir d'un nombre de quatre échantillons de galettes crues. La première composante principale (CP-1) présente 59,44 % de la variance tandis que la deuxième composante principale (CP-2) présente 34,99 % de la variance. L'ensemble CP-1 et CP-2 explique 94,43 % de la variance initiale.

La CP-1 désigne dans la partie positive qui possède les paramètres (la couleur a^* et b^* , le pH et le test TBA) ; la partie négative représente la couleur L^* , les composés phénoliques, les activités antioxydantes (DPPH et pouvoir réducteur) et l'indice de peroxyde. La CP-2 renferme la couleur, le pH, les composés phénoliques et le test de pouvoir réducteur dans la partie positive ; les tests de DPPH et de TBA sont dans la partie négative. La figure 56 illustre et témoigne l'existence de fortes corrélations obtenues par Spearman.

La discrimination par CP1 montre trois groupes homogènes de galettes crues. Un seul groupe se retrouve dans la partie positive droite de la figure 55 qui représente les galettes crues témoins (GC) qui possède des valeurs élevées en couleur a^* et b^* , en pH et en TBA.

Le deuxième groupe homogène se localise au centre et regroupe les galettes crues G2 et G3, marinées avec les miels H2 et H3, respectivement, qui ont enregistré des résultats similaires et très proches. Le dernier groupe, situé dans la partie négative gauche représenté par les galettes crues (G1) marinées avec le miel H1, révèle des teneurs élevées en composés phénoliques totaux et de meilleures activités antioxydantes.

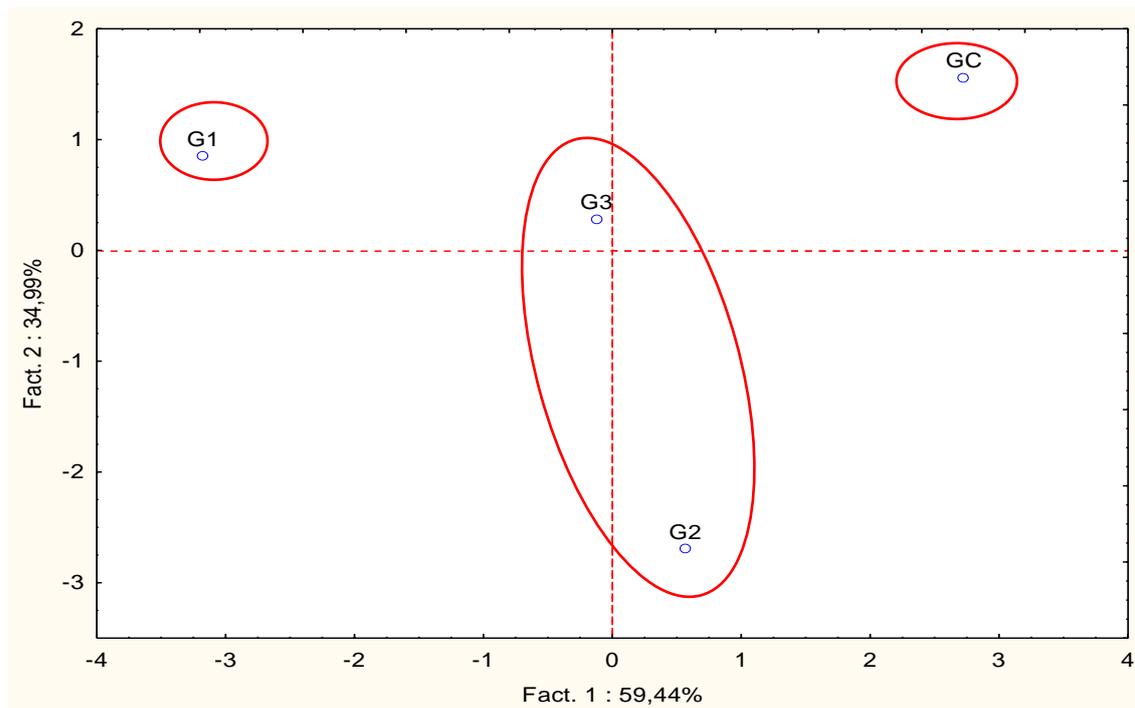


Figure 55 : ACP des paramètres physicochimiques, teneurs en antioxydants et activités biologiques des galettes crues.

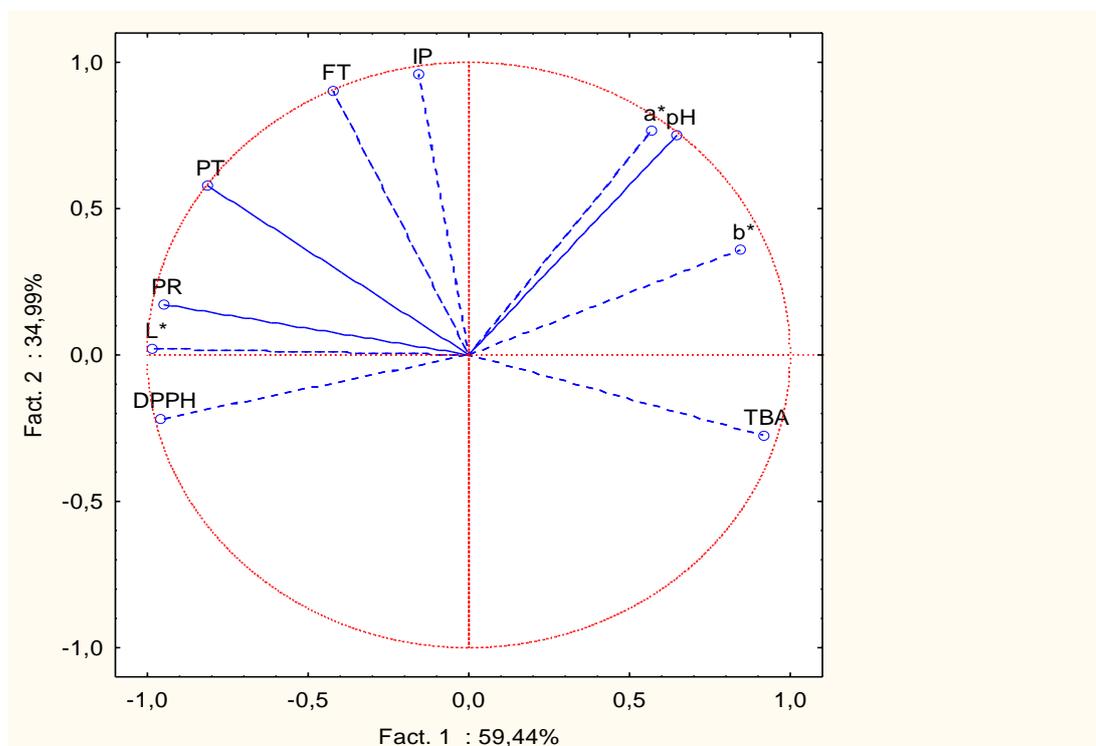


Figure 56 : Cercle de corrélation des paramètres physico-chimiques, antioxydants et activités antioxydantes des galettes crues.

IX.2. ACP des pâtes à tartiner

L'analyse en composante principale (ACP), un procédé statistique, est utilisée pour analyser et identifier les différentes pâtes à tartiner à base de viandes de bœufs (témoins et celles enrichies en miel) qui présentent des caractéristiques similaires à partir d'un nombre de quatre échantillons de différentes pâtes de viande de bœuf à tartiner. La première composante principale (CP-1) présente 45,73 % de la variance tandis que la deuxième composante principale (CP-2) présente 42,52 % de la variance. L'ensemble (CP-1 et CP-2) explique 88,25 % de la variance initiale.

La CP-1 désigne dans la partie positive la teneur en polyphénols et l'activité antioxydante par le test du pouvoir réducteur ; la partie négative représente les paramètres physico-chimiques (l'humidité, le pH et la couleur), la teneur en flavonoïdes et les tests DPPH et TBA. En revanche, la CP-2 possède la couleur, les composés phénoliques, les activités antioxydantes (tests de DPPH et pouvoir réducteur) dans la partie positive ; le pH, l'humidité et le test TBA existent dans la partie négative. La figure 58 illustre et témoigne l'existence de forte corrélation négative entre les polyphénols et le test de TBA.

La discrimination par CP1 montre trois groupes homogènes de pâte à tartiner de viande de bœuf (figure 57). Un seul groupe (PT1) possède de meilleure teneur en polyphénols et activité antioxydante par le test pouvoir réducteur. Le deuxième groupe (PT2 et PT3) présente des valeurs très proches voir similaires en terme d'analyses de la couleur, la teneur en composés phénoliques et test de DPPH. Le dernier groupe se localise au centre et possède la pâte à tartiner témoin (PTC) qui enregistre des valeurs élevées en TBA.

Partie expérimentale

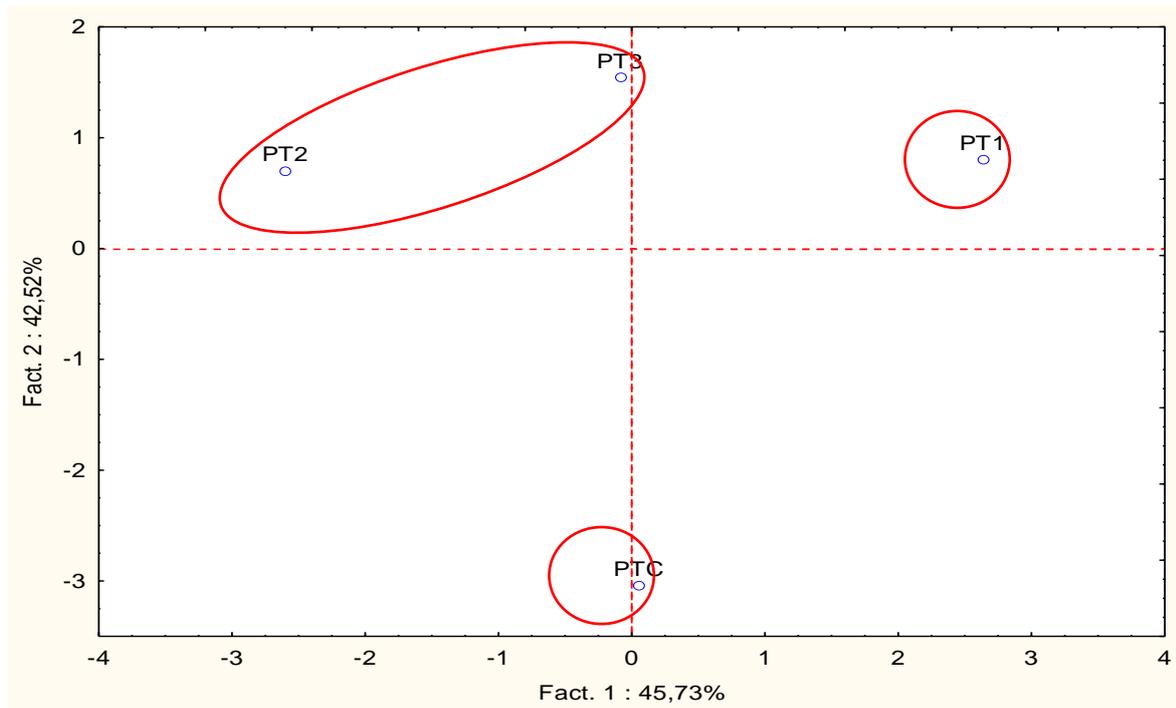


Figure 57 : ACP des paramètres physicochimiques, teneurs en antioxydants et activités biologiques des pâtes à tartiner.

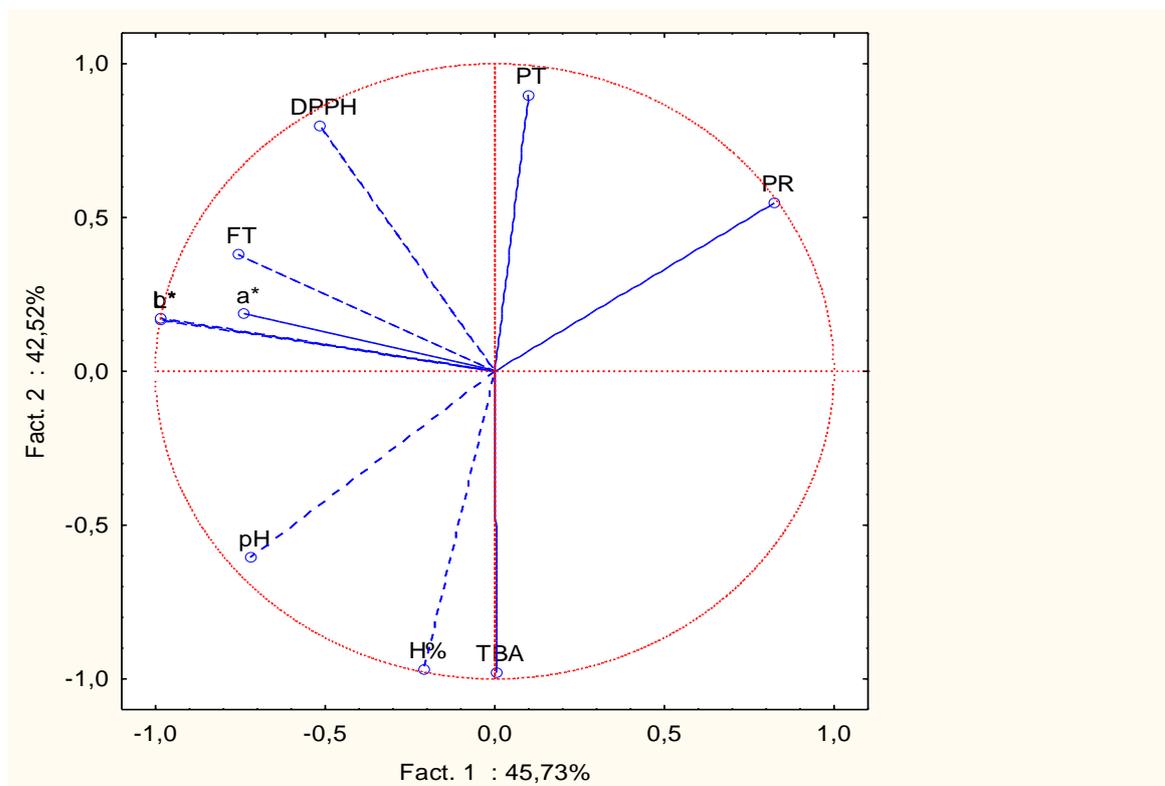


Figure 58 : Cercle de corrélation des paramètres physico-chimiques, antioxydants et activités antioxydantes des pâtes à tartiner.

Conclusion

Conclusion et perspectives

Le travail réalisé a permis d'analyser l'effet antioxydant du miel et son impact sur la conservation de la viande bovine crue et cuite à une concentration de 5 % (m/v).

Les paramètres physicochimiques des miels montrent que la teneur en eau, le brix, le pH et la conductivité électrique répondent aux normes internationales, variant de 18,31 à 19,60 %, de 78,90 à 80,10 %, de 3,94 à 4,24 et de 0,45 à 3,33 mS/cm, respectivement. Les teneurs en protéines, en HMF et en proline se situent entre 65,02 et 731 mg EBSA/100 g, entre 180,41 et 546,29 mg/kg et entre 12,43 et 39,72 mg/kg, respectivement.

Les concentrations en polyphénols et flavonoïdes des échantillons de miel varient de 8,47 à 44,36 mg EAG/100 g et de 0,41 à 16,29 mg EQ/100 g, respectivement. L'analyse de l'activité antioxydante est réalisée par trois méthodes différentes : tests de DPPH, du pouvoir réducteur et du ferrozine, avec des résultats allant de 50,89 à 83,90 %, de 74,63 à 625,59 mg EAG/100 g et de 78,72 à 80,13 %, respectivement.

L'analyse des différents paramètres physicochimiques des galettes de viande bovine crues enrichies en miel, pendant une période de stockage de quinze jours, à 4 °C, révèlent que le pH varie de 5,81 à 6,25 à T₀ et de 5,63 à 5,73 à T₁₅. Le test de couleur L* a* b* montre une décoloration de la viande pendant la période de stockage, avec un taux de décoloration plus important dans le témoin par rapport aux galettes enrichies en miel.

Les taux en polyphénols varient entre 40 et 60 mg EAG/100 g à T₀ et entre 32 et 48 mg EAG/100 g à T₁₅. Egalement, ceux des flavonoïdes sont comprise entre 5 et 6 mg EQ/100 g à T₀ et entre 0,46 et 1,84 mg EQ/100 g à T₁₅. Les tests de l'activité antioxydante effectués, incluant le test DPPH et le test du pouvoir réducteur, révèlent une diminution des valeurs après l'entreposage de quinze jours à 4 °C.

Les galettes de viande bovine enrichies en miel présentent une réduction significative de l'oxydation des lipides par rapport au témoin pendant un stockage de quinze jours à 4 °C. Les valeurs de l'indice de peroxyde ont augmenté au cours du stockage, mais avec une augmentation moins importante dans les galettes enrichies en miel, évoluant de 1,33 à 1,77 mq O₂/kg, tandis que le témoin a enregistré des valeurs de 1,33 à 2,50 mq O₂/kg. La même observation est enregistrée pour l'évolution des niveaux de MDA qui ont été moins importants dans les galettes additionnées de miel. L'analyse microbiologique montre que le miel a retardé la croissance des bactéries et il a prolongé la durée de conservation des galettes de viande bovine.

L'étude de l'effet de la cuisson à 85 °C sur les galettes de viande bovine enrichies en miel révèle que le miel influence les paramètres physicochimiques, la teneur en composés phénoliques et l'activité antioxydante des galettes après la cuisson. De plus, le miel contribue à la réduction de la peroxydation des lipides dans la viande bovine après cuisson.

Une nouvelle formulation d'une pâte à tartiner à base de viande de bœuf enrichie en miel est élaborée. L'analyse du pH révèle que les pâtes à tartiner avec le miel avaient des valeurs inférieures à celles du témoin, variant de 6,13 à 6,21, tandis que le témoin présente une valeur de 6,41. La teneur en composés phénoliques et les activités antioxydantes obtenues sont plus importantes dans les pâtes à tartiner enrichies en miel que dans le témoin. Le test d'oxydation des lipides (TBA) indique une faible peroxydation dans les pâtes à tartiner enrichies en miel, avec des valeurs variant de 0.0021 à 0.0023 mg MDA/kg, tandis qu'une valeur de 0,0095 mg/kg est enregistrée par le témoin.

Les résultats du traitement sensoriel des pâtes à tartiner enrichies en miel révèlent que les experts ont constaté des différences significatives entre les descripteurs (la couleur, le gout (sucré) et la texture) des pâtes à tartiner témoin et enrichies en miel. La cartographie PREFMAP illustre que la pâte à tartiner enrichie en miel PT1 est la plus préférée par le jury avec un taux d'appréciation de 67 %, suivi des pâtes à tartiner PT2 et PT3 qui ont un taux d'appréciation de 44 et 33 %, respectivement, par rapport à la pâte à tartiner témoin qui est la moins préférée par les jurys (11 %).

Les corrélations obtenues par Spearman révèlent de fortes corrélations négatives très hautement significatives ($p < 0.001$) entre les composés phénoliques et les tests de l'évaluation de l'oxydation des lipides, notamment le test du TBA indiquant que plus le produit est riche en antioxydants, spécialement en polyphénols, plus l'oxydation des lipides est empêchée et donc le produit est stable et préserve sa qualité nutritionnelle. Les deux ACP réalisées illustrent l'existence d'un même groupe homogène formé de G2 et G3 ainsi que de PT2 et PT3, indiquant l'absence d'une différence significative entre eux et les cercles de corrélations obtenues confirment également les corrélations obtenues par Spearman.

Il serait pertinent de poursuivre cette étude afin d'évaluer plus précisément l'efficacité du miel à travers les analyses suivantes :

- Etude des profils des composés phénoliques du miel.
- Etude du pouvoir conservateur du miel en combinaison avec d'autres techniques et sur d'autres matrices.
- Incorporation du miel dans d'autres produits carnés.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

A

Aazza, S., Lyoussi, B., Antunes, D., & Miguel, M.G. (2013). Physicochemical characterization and antioxidant activity of commercial Portuguese honeys. *Journal of Food Science*, 78 (8), C1159-C1165.

Abselami, A., Tahani, A., Sindic, M., Fauconnier, M.L., Bruneau, E., & Elbachiri, A. (2018). Physicochemical Properties of some Honeys Produced from Different Flora of Eastern Morocco. *Journal of Material and Environmental Science*, 9 (3), 879-889.

Al, M.L., Daniel, D., Moise, A., Bobis, O., Laslo, L., & Bogdanov, S. (2009). Physicochemical and bioactive properties of different floral origin honeys from Romania. *Food Chemistry*, 112, 863-867.

Ali, M.S., Rahman, M.M., Habib, M., Kabir, M.H., Hashem, M.A., & Azad, M.A.K. (2022). Quality of spent hen sausages incorporated with bee honey. *Meat Research*, 2 (1).

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 (5), 621-638.

Amaral, A.B., Silva, M.V.D., & Lannes, S.C.D.S. (2018). Lipid oxidation in meat: mechanisms and protective factors—a review. *Food Science and Technology*, 38, 1-15.

Amessis-Ouchemoukh, N., Maouche, N., Otmani, A., Terrab, A., Madani, K., & Ouchemoukh, S. (2021). Evaluation of Algerian's honey in terms of quality and authenticity based on the melissopalynology and physicochemical analysis and their antioxidant powers. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 14 (3), 305-324.

Aminzare, M., Hashemi, M., Hassanzadazar, H., & Hejazi, J. (2016). The use of herbal extracts and essential oils as a potential antimicrobial in meat and meat products; a review. *Journal of Human Environment and Health Promotion*, 1 (2), 63-74.

Amri, A., Ladjama, A., & Tahar, A. (2007). Étude de quelques miels produits à l'est Algérien : Aspect physico-chimique et biochimique. Laboratoire de Biochimie Appliquée, Faculté des Sciences, Département de Biochimie, Université Badji Mokhtar, BP12, Annaba 23000, Algérie.

Andrés-Bello, A., Barreto-Palacios, V.I.V.I.A.N., García-Segovia, P., Mir-Bel, J., & Martínez-Monzó, J. (2013). Effect of pH on color and texture of food products. *Food Engineering Reviews*, 5, 158-170.

AOAC (2005). Meat and Meat Products. In: Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, 18th edition. Gaithersburg, MD, USA.

Aronne, G., & De micco, V. (2010). Traditional melissopalynology integrated by multivariate analysis and sampling methods to improve botanical and geographical characterisation of honeys. *Plant Biosystems*, 144 (4), 833-840.

Ayad, R., Amessis-Ouchemoukh, N., Ouchemoukh, S., Madani, K., & Boulekbache-Makhlouf, L. (2021). Pollen profiles, physicochemical characteristics, and antioxidant activities of two honey samples from Jijel city (Algeria). *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI-Food Technology*, 45 (2), 147-167.

Ayoob, M., Shah, A.H., Nizamani, Z.A., Ayoob, M.F., Bhuptani, D.K., & Baloch, A.S. (2023). Antimicrobial and antioxidative effects of honey marination on beef meat. *Pakistan Journal of Zoology*, 55 (3), 1409-1416.

Azeredo, L.C., Azeredo, M.A.A., Souza, S.R., & Dutra, V.M.L. (2003). Protein contents and physicochemical properties in honey samples of *Apis mellifera* of different floral origins. *Food Chemistry*, 80 (2), 249–254.

B

Bakchiche, B., Habati, M., Benmebarek, A., & Gherib, A. (2017). Total phenolic, flavonoid contents and antioxidant activities of honey and propolis collected from the region of Laghouat (South of Algeria). *World News of Natural Sciences*, 11.

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

Ballot-Flurin, C. (2010). Les fondements de la santé par les abeilles : l'apithérapie. Les bienfaits de l'apithérapie, 36268, 1-162.

Bath, P.K., & Singh, N. (1999). A comparison between *Helianthus annuus* and *Eucalyptus lanceolatus* honey. *Food Chemistry*, 67, 389-397.

Belay, A., Solomon, W.K., Bultona, G., Adgaba, N., & Melaku, S. (2013). Physicochemical properties of the Harena forest honey, Bale, Ethiopia. *Food Chemistry*, 141, 3386-3392.

Belhaj, O., Oumato, J., & Zrira, S. (2015). Étude physico-chimique de quelques types de miels marocains. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 3, 71-75.

Belitz, H.D., Grosch W., & Schieberle P. (2009). *Meat Food Chemistry*, 12, 563-616.

Benguendouz, A., Boudroua, K., Bekada, A., Bouterfa, A., & Dahloun, E. (2017). Effet de la cuisson sur la composition biochimique de la viande d'agneau Algérien (Oum El Bouaghi et Souk Ahras) issu de pâturage. *Revue de Microbiologie Industriel, Sanitaire, et Environnemental*, 11 (1), 98-108.

- Beretta, G., Granata, P., Ferrero, M., Orioli, M., & Facino, R.M. (2005).** Standardization of antioxidant properties of honey by a combination of spectrophotometric/fluorimetric assays and chemometrics. *Analytica Chimica Acta*, 533 (2), 185-191.
- Beretta, G., Granata, P., Ferrero, M., Orioli, M., & Maffei-Faciano, R. (2005).** Standardization of antioxidant properties of honey by a combination of spectrophotometric and two-Dimensional High-Resolution Nuclear Magnetic Resonance. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58 (15), 8495-8501.
- Biesalski, H.K., Nohr, D., Kerry, J., & Ledward, D. (2009).** The nutritional quality of meat. *Improving the sensory and nutritional quality of fresh meat*, 1.
- Blanc, M., (2010).** Propriétés et usage médical des produits de la ruche. Thèse de doctorat, Univ. Limoges, p 142.
- Bogdanov, S. (2016).** Book of Honey, Chapter 8. Honey as Nutrient and Functional Food, 1-47.
- Bogdanov, S., Jurendic, T., Sieber, R., & Gallmann, P. (2008).** Honey for nutrition and health: a review. *Journal of the American college of Nutrition*, 27 (6), 677-689.
- Bogdanov, S., Mrtin, P., Lullman, C., Borneck, R., Flamini, C.H., Marlot, M., Heritier, J., Ortiz, O., & Ivano, T.Z. (1997).** Harmonised methods of the European Honey commission. *Apidologie*, 1-59.
- Bogdanov, S., Ruoff, K., & Persano, O.L. (2004).** Physico-chemical methods for characterisation of unifloral honeys. *Apidologie*, 35 (1), 4-17.
- Bogdanov, S., Tomislav, J., Sieber, R., & Gallaman, P. (2009).** Honey for Nutrition and Health. *American Journal of the College of Nutrition*, 677-689.
- Boizot, N., & Charpentier, J.P. (2006).** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Le Cahier des Techniques de l'INRA*, In : Numéro spécial, 79-82.
- Bonnet, M, Gruffat, D., & Hocquette, J.F. (2010).** Métabolisme lipidique des tissus musculaires et adipeux. In : Muscle et Viande de Ruminant. Bauchart, D., & Picard, B. (Eds), Versailles, France, 78-88.
- Bouhala, A., Ouchemoukh, S., Moussi, A., & Beldjoudi, S. (2020).** Altitude effect on the properties of honeys from the region of Jijel (Algeria). *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 70 (2), 169–178.
- Bouras, A., & Moussaoui, S. (1995).** Contribution à la caractérisation physicochimique et biochimique de la viande de dromadaire (population Sahraoui). *Mém. Ing. Agro. INFS/AS Ouargla*, p 40.

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

Brandebourge, T. (2013). Growth of Muscle from the Myoblast to whole Muscle. *The Science of Meat Quality*, 1-27.

Brett, A.M.O., & Ghica, M.E. (2003). Electrochemical oxidation of quercetin. *Electroanalysis: An International Journal Devoted to Fundamental and Practical Aspects of Electroanalysis*, 15 (22), 1745-1750.

C

Čanadanović-Brunet, J., Četković, G., Šaponjac, V.T., Stajčić, S., Vulić, J., Djilas, S., Štajner, D., & Popović, B. (2014). Evaluation of phenolic content, antioxidant activity and sensory characteristics of Serbian honey-based product. *Industrial Crops and Products*, 62, 17.

Chen, J.W., Zhu, Z.Q., Hu, T.X., & Zhu, D.Y. (2002). Structure-activity relationship of natural flavonoids in hydroxyl radical-scavenging effects. *Acta Pharmacologica Sinica*, 23 (7), 667-672.

Chikhi, K., & Bencharif, A. (2016). La consommation de produits carnés en Méditerranée : quelles perspectives pour l'Algérie. *Zaragoza : CIHEAM, Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens*, 115, 435-440.

Chougui, N. (2015). *Technologie et qualité des viandes*. Université Abderrahmane Mira. Département des Sciences Alimentaires, BEJAIA, p 63.

Clinquart, A., Leroy, B., Dottreppe, O., Hornick, J. L., Dufrasne, I. L., & Istasse, L. (2000). Les facteurs de production qui influencent la qualité de la viande des bovins Blanc Bleu belge. *Les Journées CESAM*, 25-26.

Codex alimentaire. (2001). Revised codex standard for honey. Codex standard 12-1981, Revue, 1 (1987), 12, 1-10.

Coibion, L. (2008). Acquisition des qualités organoleptiques de la viande bovine : adaptation à la demande du consommateur. Mémoire pour l'obtention du grade de Docteur Vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, 97.

Craplet, C. (1966). La viande de bovins. Tome I. Ed Vignot frère, Paris 486.

Craplet, C., & Craplet, M.J. (1979), Dictionnaire des aliments et de la nutrition. Ed LE HAMED, Paris, 450-451.

D

Da Costa, I.F., & Toro, M.J.U. (2021). Evaluation of the antioxidant capacity of bioactive compounds and determination of proline in honeys from Pará. *Journal of Food Science and Technology*, 58 (5), 1900-1908.

Da Silva, P. M., Gauche, C., Gonzaga, L.V., Costa, A.C.O., & Fett, R. (2016). Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*, 196, 309–323.

Dailly, H. (2008). Cristallisation du miel, le savoir et le faire. *Abeilles & Cire*. (124), 24-28.

Damaceno do Vale, M.A., Gomes, F.A., Ferreira, J.B., & Cunha dos Santos, B.R. (2018). Honey quality of Melipona sp. bees in Acre, Brazil. *Acta Agronómica*, 67 (2), 201–207.

Damto, T., Birhanu, T., & Zewdu, A. (2023). Physicochemical and antioxidant characterization of commercially available honey sample from Addis Ababa market, Ethiopia. *Heliyon*, 9 (10).

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

Del Pulgar, J.S., Gázquez, A., & Ruiz-Carrascal, J. (2012). Physico-chemical, textural and structural characteristics of sous-vide cooked pork cheeks as affected by vacuum, cooking temperature, and cooking time. *Meat science*, 90 (3), 828-835.

Delphine, I. (2010). Le miel et ses propriétés thérapeutiques. Thèse de doctorat. 23-25.

Deng, J., Yang, H., Capanoglu, E., Cao, H., & Xiao, J. (2018). Technological aspects and stability of polyphenols. In *Polyphenols: Properties, recovery, and applications* (pp. 295-323). Woodhead Publishing.

Djossou, J., Tchobo, F., Yédomonhan, H., Alitonou, A., & Soumanou, M. (2013). Evaluation des caractéristiques physico-chimiques des miels commercialisés à Cotonou. *Tropicultura*, 31, 163-169.

Doukani, K., Tabak, S., Derriche, A., & Hacini Z. (2014). Étude physico-chimique et phyto-chimique de quelques types de miels Algériens. *Revue Ecologie-Environnement*, 10, 37-49.

Draper, H.H., & Hadley, M. (1990). Malondialdehyde determination as index of lipid Peroxidation. *Methods in enzymology*, 186, 421-431.

E

Eddebarh, A. (1989). Systèmes extensifs d'élevage bovin laitier. Options Méditerranéennes, Série A, Séminaires Méditerranéennes N° 6, 123-133.

El Sediek, L. E., Abozeid, W. M., Alkhalifah, D. H., & Farag, S. E. (2012). Efficacy of ginger extract (*Zingiber officinale*) and gamma irradiation for quality and shelfstability of processed frozen beef sausage. *Life Science Journal*, 9 (2), 448-461.

El Sohaimy, S.A., Masry, S.H.D., & Shehata, G. (2015). Physico-chemical characteristics of honey from different origins. *Annals of Agricultural Sciences*, 60 (2), 279–287.

El-Haskoury, R., Kriaa, W., Lyoussi, B., & Makni, M. (2018). Ceratoniasiliqua honeys from Morocco: Physicochemical properties, mineral contents, and antioxidant activities. *Journal of Food and Drug Analysis*, 26 (1), 67–73.

El-Kalyoubi, M.H., Khalaf, M.M., Nadir, A.S., Wafaa, M.A., & Mansour, M.E. (2014). Bee honey effect against microbial and oxidation in chicken slices. *Middle East Journal of Applied Sciences*, 4, 884-893.

Emmanuelle, H., Julie, C., & Laurent, G. (1996). Les Constituants Chimiques du Miel. *Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaire. APISERVICES, Galerie Virtuelle apicole.*

Estevinho, L.M., Feás, X., Seijas, J.A., & Pilar Vázquez-Tato, M. (2012). Organic honey from Trás-Os-Montes region (Portugal): chemical, palynological, microbiological and bioactive compounds characterization. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 50 (2), 258–264.

F

Faustman, C., Sun, Q., Mancini, R., & Suman, S.P. (2010). Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. *Meat science*, 86 (1), 86-94.

Feliachi, K. (2003). Rapport National sur les Ressources Génétiques Animales : Algérie. Commission nationale AnGR. Direction Générale de l'INRAA. 46.

Fencioglu, H., Oz, E., Turhan, S., Proestos, C., & Oz, F. (2022). The effects of the marination process with different vinegar varieties on various quality criteria and heterocyclic aromatic amine formation in beef steak. *Foods*, 11 (20), 3251.

G

Gagaoua, M., & Boudechicha, H.R. (2018). Ethnic meat products of the North African and Mediterranean countries: An overview. *Journal of Ethnic Foods*, 5 (2), 83–98

Gandemer, G. (1997). Lipides du muscle et qualité de la viande. Phospholipides et flaveur. *Oleagineux Corps Gras Lipides*, 4.

Geay, Y., Bauchart, D., Hocquette, J.F., & Culioll, J. (2002), Valeur diététique et qualités sensorielles des viandes des ruminants. Incidence de l'alimentation des animaux. *INRA Production Animales*, 15.

Gharby, S., Harhar, H., Bouzoubaa, Z., Roudani, Z., Chafchaoui, I., Kartah, B., & Charrouf, Z. (2014). Effet des Polyphénols extraits des margines sur la stabilité de l'huile de tournesol (Effect of polyphenol extracts from margins on the stability of sunflower oil). *Journal of Materials and Environmental Science*, 5 (2), 464-469.

Gheisari, H.R., & Eskandari, M. (2013). Effect of curing on camel meat lipid oxidation and enzymatic activity during refrigerated storage. *Veterinarski arhiv*, 83 (5), 551-562.

Gilles, A. (2011). Botanique apicole, production du nectar et pollen. Ecole d'apiculture Ruchers du Sud-Luxembourg, 1-11.

Gonnet, M. (1986). L'analyse des miels. Description de quelques méthodes de contrôle de qualité. *Bulletin Technique Apicole OPIDA*, 54, 17-36.

Gonnet, M., & Vache, G. (1985). Le gout de miel. Ed. UNAF, Paris, 150.

Gras, K., Luong, J., Gras, R., Cortes, H.J., & Shellie, R.A. (2014). Determination of furfurals in Manuka honey using piston-cylinder liquid-liquid extraction and gas chromatography. *Journal of Chromatography A*, 1362, 43-48.

Guenauoui, N., Mouhoubi-Tafinine, Z., Amessis-Ouchemoukh, N., Saimi, M., Saidi, H., Ayad, R., Sadou, D., Moumeni, L., & Ouchemoukh, S. (2024). Pollen profiles, physico-chemical parameters, in vitro antioxidant and anti-inflammatory activities of honeys and anti-browning effect of honeys on apple. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 17, 15-33.

Guiraud, J.P. (2003). Microbiologie alimentaire. Dunod – RIA, 696, 144.

Gülcin, İ., Alici, H.A., & Cesur, M. (2005). Determination of in Vitro Antioxidant and Radical Scavenging Activities of Propofol. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 53 (3), 281-285.

H

Habib, H.M., Al Meqbali, F.T., Kamal, H., Souka, U.D., & Ibrahim, W.H. (2014). Physicochemical and biochemical properties of honeys from arid regions. *Food Chemistry*, 153, 35-43.

Haraf, G., Goluch, Z., Teleszko, M., & Latocha, P. (2024). Antioxidant Activity and Fatty Acid Profile of Sous-Vide Beef Marinated with Kiwiberry Fruit Pulp: Effects of Level Addition and Refrigerated Storage. *Foods*, 13 (10), 1446.

Heinz, G., & Hautzinger, P. (2007). Meat processing technology for small to medium scale producers. *Regional office for Asia and the Pacific Publication (FAO)*, (2007).

Hermosín, I., Chichón, R.M., & Caezudo, M.D. (2003). Free amino acid composition and botanical origin of honey. *Food Chemistry*, 83, 263-268.

Hwang, K.E., Kim, H.W., Choi, Y.S., Lee, S.Y., Yeo, E.J., Ham, Y K., Choi, S.M., Lee, M.A., & Kim, C.J. (2013). Evaluation of the antioxidant effect of ganghwayakssuk (*Artemisia princeps*Pamp) extract alone and in combination with ascorbic acid in raw chicken patties. *Poultry Science*, 92 (12), 3244-3250.

I

Ibrahim Khalil, MD., Moniruzzaman, M., Boukraa, I., Benhanifia, M., Asiful Islam, MD., Nazmul Islam, MD., Sulaiman S.A., & Hua Gan, S. (2012). Physicochemical and antioxidant properties of Algerian honey. *Molecules*, 17 (9), 11199-11215.

Interbew. (2005). Le point sur l'alimentation des bovins et ovins et la qualité des viandes. Institut de l'Élevage (I. MOËVI). 80, 98, 99,101.

Irina, D., Georgiia, G., Livia, P., Alina, M. E., & Rodica, S. (2010). The antioxidant activity of selected Romanian honeys. *Food Technology*, 34 (2), 77-83.

J

Jeuge, S., Carlier, M., Vendeuvre, J.L., & Nassy, G. (2012). L'oxydation des Produits Carnes: Methodes de Mesure et Moyens de Maitrise; IFIP: Laxenburg, Austria, p 46.

Johnston, J.E., Sepe, H.A., Miano, C.L., Brannan, R.G., & Alderton, A.L. (2005). Honey inhibits lipid oxidation in ready-to-eat ground beef patties. *Meat Science*, 70 (4), 627-631.

Julika, W.N., Ajit, A., Sulaiman, A.Z., & Naila, A. (2019). Physicochemical and microbiological analysis of stingless bees honey collected from local market in Malaysia. *Indonesian Journal of Chemistry*, 19 (2), 522-530.

K

Kamruzzaman, M., Makino, Y., & Oshita, S. (2016). Parsimonious model development for real-time monitoring of moisture in red meat using hyperspectral imaging. *Food Chemistry*, 196, 1084-1091.

Kim, H.J., & Jang, A. (2021). Correlations between the levels of the bioactive compounds and quality traits in beef loin and round during cold storage. *Food Control*, 120, 107491.

Kirat, S. (2007). Les conditions d'émergence d'un système d'élevage spécialisé en engraissement et ses conséquences sur la redynamisation de l'exploitation agricole et la filière des viandes rouges bovines : cas de la Wilaya de Jijel en Algérie. CIHEAM-IAMM.

Komosinska-Vassev, K., Olczyk, P., Kaźmierczak, J., Mencner, L., & Olczyk, K. (2015). Bee pollen: chemical composition and therapeutic application. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015.

Koudegnan, C., Coulibaly, S., Quashie, M.L., Radji, P., & Kokou, K. (2021). Caractérisations physico-chimiques des miels de la zone Guinéenne du Togo. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 9 (2).

Küçük, M., Kolaylı, S., Karaoğlu, Ş., Ulusoy, E., Baltacı, C., & Candan, F. (2007). Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia. *Food Chemistry*, 100 (2), 526-534.

L

Laurent, C. (1974). Conservation des produits d'origine animale en pays chauds. 2^{ème} Ed presses universitaires de France, p 53- 54.

Lecerf, J.M. (2014). La place de la viande dans la nutrition humaine. Viandes & Produits Carnés, VPC-2014-30-6-5.

Lequet, L. (2010). Du nectar au miel de qualité : contrôle analytique du miel et conseils pratiques à l'intention de l'apiculteur amateur. Thèse de Doctorat Vétérinaire. Université Claude-Bernard Lyon I, France, 46-121.

Lisciani, S., Camilli, E., Marletta, L., & Marconi, S. (2022). Weight change of food after cooking: focus on the Italian Food Composition Tables appendix. International. *Journal of Gastronomy and Food Science*, 30, 100605.

Louveaux, J., Maurizio, A., & Vorwohl, G. (1978). Methods of melissopalynology. *Bee World*, 59, 139–157.

M

Maas-van Berkel, B., Van den Boogaard, B., & Heijnen, C. (2005). *La conservation du poisson et de la viande*. Agromisa Foundation.

Maitip, J., Polgate, A., Promsart, W., Butdee, J., Rueangwong, A., Sittisorn, T., Chanasit, W., Jorakit, S., & Kodcharin, P. (2024). Evaluation of stingless bee (*Tetragonulapagdeni*) honey properties and melissopalynological analysis from different geographical origins in Thailand. *Journal of Ecology and Environment*, 48.

Majtan, J., Bucekova, M., Kafantaris, I., Szweda, P., Hammer, K., & Mossialos, D. (2021). Honey antibacterial activity: A neglected aspect of honey quality assurance as functional food. *Trends in Food Science & Technology*, 118, 870-886.

Mancini, R.A., & Hunt, M.C. (2005). Current research in meat color. *Meat science*, 71 (1), 100-21.

Meda, A., Lamien, C.E., Romito, M., Millogo, J., & Nacoulma, O.G. (2005). Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*, 91 (3), 571–577.

Miguel, M.G., Antunes, M.D., & Faleiro, M.L. (2017). Honey as a complementary medicine. *Integrative Medicine Insights*, 12, 1178633717702869.

Milek, M., Bocian, A., Kleczyńska, E., Sowa, P., & Dżugan, M. (2021). The comparison of physicochemical parameters, antioxidant activity and proteins for the raw local Polish honeys and imported honey blends. *Molecules*, 26 (9), 2423.

Mittal, R., Nagi, H.P.S., Sharma, P., & Sharma, S. (2012). Effect of processing on chemical composition and antinutritional factors in chickpea flour. *Journal of Food Science and Engineering*, 2 (3), 180.

Monin, G. (1991). Facteurs biologiques des qualités de la viande bovine. *INRA Productions Animales*, 4 (2), 151-160.

Monin, G., & Ouali, A. (1991). Muscle differentiation and meat quality. *Developments in Meat Science*, 5, 89-157.

Moniruzzaman, M., Yung An, C., Rao, P.V., Hawlader, M.N.I., Azlan, S.A.B.M., Sulaiman, S.A., & Gan, S.H. (2014). Identification of Phenolic Acids and Flavonoids in Monofloral Honey from Bangladesh by High Performance Liquid Chromatography: Determination of Antioxidant Capacity. *BioMed Research International*, 2014, 1–11.

Mouhoubi-Tafinine, Z., Ouchemoukh, S., Bey, B.M., Louaileche, H., & Tamendjari, A. (2018). Effect of storage on hydroxymethylfurfural (HMF) and color of some Algerian honey. *International Food Research Journal*, 25(3), 1044-1050.

Murat, M. (2009). Nutrition humaine et sécurité alimentaire. *Éditions médicales internationales*.

N

Nair, S. (2014). Identification des plantes mellifères et analyses physicochimiques des miels Algériens. Thèse Doctorat, Biochimie. Université d'Oran, 134.

Naithani, V., Nair, S., & Kakkar, P. (2006). Decline in antioxidant capacity of Indian herbal teas during storage and its relation to phenolic content. *Food Research International*, 39 (2), 176-181.

Naveena, B.M., Sen, A.R., Vaithyanathan, S., Babji, Y., & Kondaiah, N. (2008). Comparative efficacy of pomegranate juice, pomegranate rind powder extract and BHT as antioxidants in cooked chicken patties. *Meat Science*, 80 (4), 1304-1308.

Nazarian, H., Taghavizad, R., & Majd, A. (2010). Origin of Honey Protein and Method for its Quality Control. *Pakistan Journal of Botany*, 42, 3221-3228.

Nazarian, H., Taghavizad, R., & Majd, A. (2010). Origin of honey proteins and method for its quality control. *Pakistan Journal of Botany*, 42 (5), 3221-3228.

Nedjraoui, D. (2003). Profil fourrager. *Université des Sciences et de la Technologie H. Boumediène (USTHB)*. Alger.

O

- Offer, G., & Knight, P. (1988).** Structural basis of water-holding in meat. 2. Drip losses. *Developments in Meat Science*, 4.
- Oliveira, R.G.D, Jain, S., Luna, A.C., Freitas, L.D.S., & Araújo, E.D.D. (2017).** Screening for quality indicators and phenolic compounds of biotechnological interest in honey samples from six species of stingless bees (Hymenoptera: Apidae). *Food Science and Technology*, 37 (4), 552–557.
- Ondogo, L., Oyoo, D., & Bichanga, R. (2023).** Determination of the Chemical Properties of Honey from Suba Region, Homa Bay County-Kenya. *International Journal of Food Sciences*, 6 (3), 1-20.
- Osés, S. M., Pascual-Maté, A., Fernández-Muiño, M. A., López-Díaz, T. M., & Sancho, M. T. (2016).** Bioactive properties of honey with propolis. *Food Chemistry*, 196, 1215-1223.
- Otmani, A., Amessis-Ouchemoukh, N., Birinci, C., Yahiaoui, S., Kolayli, S., Rodríguez-Flores, M. S., ... & Ouchemoukh, S. (2021).** Phenolic compounds and antioxidant and antibacterial activities of Algerian honeys. *Food Bioscience*, 42, 101070.
- Ouchemoukh, S. (2012).** Caractérisation physicochimique, profils polliniques, glucidiques et phénoliques et activités antioxydantes de miels Algériens. Thèse Doctorat, Biochimie. Université Abderrahmane Mira de Bejaia, p 164.
- Ouchemoukh, S., Hachoud, S., Boudraham, H., Mokrani, A., & Louaileche, H. (2012).** Antioxidant activities of some dried fruits consumed in Algeria. *LWT-Food Science and Technology*, 49 (2), 329-332.
- Oudjet, K. (2012).** Le miel une denrée à promouvoir. *Etudes et Enquêtes*, 3.
- OULD, E.H.M., Bouzgag, B., Bourase, A., & Moussaoui, S. (1999).** Etude comparative de quelque caractéristique physico-chimique et biochimique de la viande du dromadaire chez les individus de type Sahraoui à différente âge. *Premières Journées sur la Recherche Cameline–Ouargla*, p 19.
- Oz, F. (2014).** Effects of Water Extract of *Urtica dioica* L. on the Quality of Meatballs. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38 (3), 1356–1363.

P

- Pal, M., & Devrani, M. (2018).** Application of various techniques for meat preservation. *Journal of Experimental Food Chemistry*, 4(1), 2472-0542
- Papuc, C., Goran, G.V., Predescu, C.N., Nicorescu, V., & Stefan, G. (2017).** Plant polyphenols as antioxidant and antibacterial agents for shelf-life extension of meat and meat products: Classification, structures, sources, and action mechanisms. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16 (6), 1243-1268.

Pateiro, M., Barba, F.J., Domínguez, R., Sant'Ana, A.S., Khaneghah, A.M., Gavahian, M., Gómez B., & Lorenzo, J.M. (2018). Essential oils as natural additives to prevent oxidation reactions in meat and meat products: A review. *Food research international*, 113, 156-166.

Pauliuc, D., Ciursă, P., Ropciuc, S., Dranca, F., & Oroian, M. (2021). Physicochemical parameters prediction and authentication of different monofloral honeys based on FTIR spectra. *Journal of Food Composition and Analysis*, 102, 104021.

Picgirard, L. (2010). Cuisson industrielle des viandes : Mécanismes et contraintes. *Viandes et Produits Carnés*, 27 (6), 192-196.

Pospiech, M., Javůrková, Z., Hrabec, P., Čížková, H., Titěra, D., Štarha, P., & ... Tremlová, B. (2021). Physico-Chemical and Melissopalynological Characterization of Czech Honey. *Applied Sciences*, 11 (11), 4989.

R

Rasoloarijao, T.M., Ralalaharisoa, Z.R., Ramavovololona, P., & Porphyre, V. (2014). Analyse pollinique des miels des îles de l'Océan Indien. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 67 (3), 128-129.

Reddy, D.M., Reddy, G.V.B., & Mandal, P.K. (2018). Application of natural antioxidants in meat and meat products-a review. *Food Nutrition Journal*, 173.

Ribeiro, J.S., Silva, L.K.R., & da Silva, M.V. (2020). Natural antioxidants used in meat products. *Plant Antioxidants and Health*, 1-29.

Rodriguez-Estrada, M.T., Penazzi, G., Caboni, M.F., Bertacco, G., & Lercker, G. (1997). Effect of different cooking methods on some lipid and protein components of hamburgers. *Meat science*, 45 (3), 365-375.

Roldán, M., Antequera, T., Martín, A., Mayoral, A.I., & Ruiz, J. (2013). Effect of different temperature–time combinations on physicochemical, microbiological, textural and structural features of sous-vide cooked lamb loins. *Meat Science*, 93 (3), 572–578.

S

Sajid, M., Yamin, M., Asad, F., Yaqub, S., Ahmad, S., Mubarik, M.A.M.S., Ahmad, B., Ahmad, W., & Qamer, S. (2019). Comparative study of physio-chemical analysis of fresh and branded honeys from Pakistan. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27 (1), 173-176.

Santos, J.S., Alvarenga-Brizola, V.R., & Granato, D. (2017). High-throughput assay comparison and standardization for metal chelating capacity screening: A proposal and application. *Food Chemistry*, 214, 515–522.

Sicak Y, Sahin-Yaglioglu A, Ozturk M. (2021). Relationship between bioactivities and phenolic constituents of Mugla thyme and Turkish pine honey with the chemometric approach *Journal of Food Measurement and Characterization*, 1-14.

Sime, D., Atlabachew, M., Abshiro, M.R., & Zewde, T. (2015). Total phenols and antioxidant activities of natural honeys and propolis collected from different geographical regions of Ethiopia. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, 29 (2), 163-172.

T

Tafere, D.A. (2021). Chemical composition and uses of Honey: A Review. *Journal of Food Science and Nutrition Research*, 4 (3), 194-201.

Tahir, H.E., Xiaobo, Z., Zhihua, L., Jiyong, S., Zhai, X., Wang, S., & Mariod, A.A. (2017). Rapid prediction of phenolic compounds and antioxidant activity of Sudanese honey using Raman and Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopy. *Food Chemistry*, 226, 202–211.

Tatiborworntham, N., Oz, F., Richards, M.P., & Wu, H. (2022). Paradoxical effects of lipolysis on the lipid oxidation in meat and meat products. *Food Chemistry: X*, 14, 100317

Terrab, A., González, A.G., Díez, M.J. & Heredia, F.J. (2002). Characterization of Moroccan unifloral honeys using multivariate analysis. *Food Chemistry*, 79, 373-379.

Terrab, A., Recamales, A. F., Hernanz, D., & Heredia, F. J. (2004). Characterisation of Spanish thyme honeys by their physicochemical characteristics and mineral contents. *Food Chemistry*, 88 (4), 537-542.

Tomczak, C. (2010). Utilisation du miel dans le traitement des plaies. Thèse de doctorat, école nationale vétérinaire, Univ. Lyon, p 185.

Tome, D. (2008). Qualité nutritionnelle des protéines de la viande. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 43, p 40-45.

Torres, C.A.P., Cerón, F.G., Barragán, R.J.M., Martínez, A.P., Castro, M.A., & Arenas, D.A.G. (2023). Sweet potato flour (*Ipomoea batatas*) as natural antioxidant on carcass yield and meat physicochemical characteristics of Creole chickens of Mexico and Cobb 500. *Tropical Animal Health and Production*, 55 (6), 428.

Totaro, M. P., Difonzo, G., Pasqualone, A., & Summo, C. (2024). Physicochemical properties and sensory features of ripened, industrially prepared sausages, enriched with olive leaf extract to replace nitrite and nitrate. *LWT*, 115852.

Touraille, C. (1994). Incidence des caractéristiques musculaires sur les qualités organoleptiques des viandes. *Rencontres des Recherches sur les Ruminants*, 1, 169-176.

Trisha, S., Mortuza, M.G., Rana, J., Islam, K.H., Ferdoush, Z., Antora, R.A., Akash, S.I., Aziz, M.G., & Uddin, M.B. (2023). Evaluation of the physicochemical qualities and antioxidant properties of some Bangladeshi varieties of honey: A comparative study. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100837.

Turcu, R.P., Panaite, T.D., Untea, A.E., Vlaicu, P.A., Badea, I.A., & Mironeasa, S. (2021). Effects of grape seed oil supplementation to broilers diets on growth performance, meat fatty acids, health lipid indices and lipid oxidation parameters. *Agriculture*, 11 (5), 404.

Vargas-Sánchez, R.D., Mendoza-Wilson, A.M., Torrescano-Urrutia, G.R., & Sánchez-Escalante, A. (2015). Antiradical potential of phenolic compounds fingerprints of propolis extracts: DFT approach. *Computational and Theoretical Chemistry*, 1066, 7-13.

Vargas-Sánchez, R.D., Torrescano-Urrutia, G.R., Torres-Martínez, B.D.M., Pateiro, M., Lorenzo, J.M., & Sánchez-Escalante, A. (2019). Propolis extract as antioxidant to improve oxidative stability of fresh patties during refrigerated storage. *Foods*, 8 (12), 614.

W

Wang, H., Gao, X., Zhou, G., Cai, L., & Yao, W. (2008). In vitro and in vivo antioxidant activity of aqueous extract from *Choerospondias axillaris* fruit. *Food Chemistry*, 106 (3), 888 – 895.

Y

Yacouba, I. (2009). Analyse des techniques traditionnelles de transformation de la viande en Kilichi dans la commune urbaine de Madaoua. Thèse d'ingénieur Zootechnicien, Université de Madaoua, Niger, 17, 25.

Yildiz-Turp, G., & Serdaroglu, M. (2010). Effects of using plum puree on some properties of low fat beef patties. *Meat Science*, 86 (4), 896-900.

Z

Zawawi, N., Chong, P.J., Mohd Tom, N.N., SaifulAnuar, N.S., Mohammad, S.M., Ismail, N., & Jusoh, A.Z. (2021). Establishing relationship between vitamins, total phenolic and total flavonoid content and antioxidant activities in various honey types. *Molecules*, 26 (15), 4399.

Zbadi, R., Mohti, H., & Moussaoui, F. (2018). Stress oxydatif : évaluation du pouvoir antioxydant de quelques plantes médicinales. *Médecine translationnelle*, 24 (2), 134 – 141.

Živkov-Baloš, M., Popov, N., Vidaković, S., Ljubojević-Pelić, D., Pelić, M., Mihaljev, Ž., & Jakšić, S. (2018). Electrical conductivity and acidity of honey. *Archives of Veterinary Medicine*, 11, 91–101.

Annexes

Annexe 1 : Table de CHATAWAY.

Indice de réfraction à 20 °C	Teneur en eau (%)	Indice de réfraction à 20 °C	Teneur en eau (%)
1,5044	13,0	1,4885	19,2
1,5038	13,2	1,4880	19,4
1,5033	13,4	1,4875	19,6
1,5028	13,6	1,4870	19,8
1,5023	13,8	1,4865	20,0
1,5018	14,0	1,4860	20,2
1,5007	14,2	1,4855	20,4
1,5002	14,4	1,4850	20,6
1,4997	14,6	1,4845	20,8
1,4992	14,8	1,4840	21,0
1,4987	15,0	1,4835	21,2
1,4982	15,2	1,4830	21,4
1,4976	15,4	1,4825	21,6
1,4971	15,6	1,4820	21,8
1,4961	15,8	1,4815	22,0
1,4956	16,0	1,4810	22,2
1,4951	16,2	1,4805	22,4
1,4946	16,4	1,4800	22,6
1,4940	16,6	1,4795	22,8
1,4935	16,8	1,4790	23,0
1,4930	17,0	1,4785	23,2
1,4925	17,2	1,4780	23,4
1,4920	17,4	1,4775	23,6
1,4915	17,6	1,4770	23,8
1,4910	17,8	1,4765	24,0
1,4905	18,0	1,4760	24,2
1,4900	18,2	1,4755	24,4
1,4895	18,4	1,4750	24,6
1,4890	18,6	1,4745	24,8
	18,8	1,4740	25,0
	19,0		

Annexe 2 : Courbes d'étalonnages.

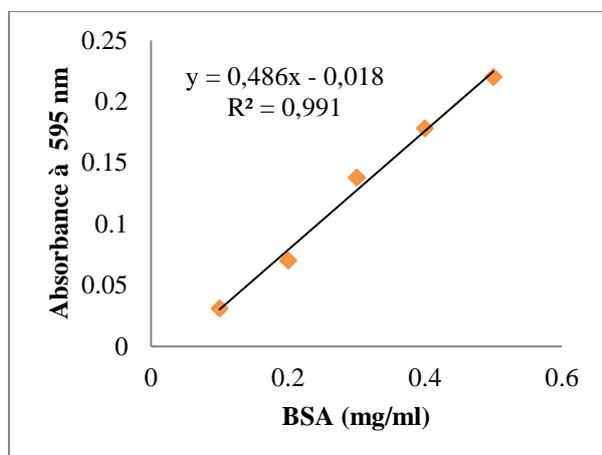


Figure 1 : Courbe d'étalonnage des protéines.

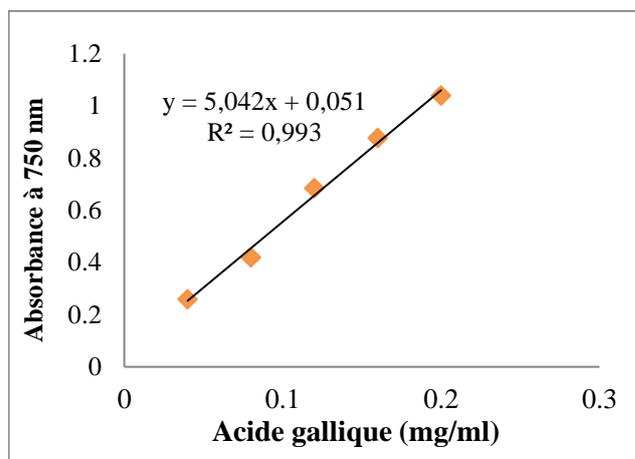


Figure 2 : Courbe d'étalonnage des polyphénols.

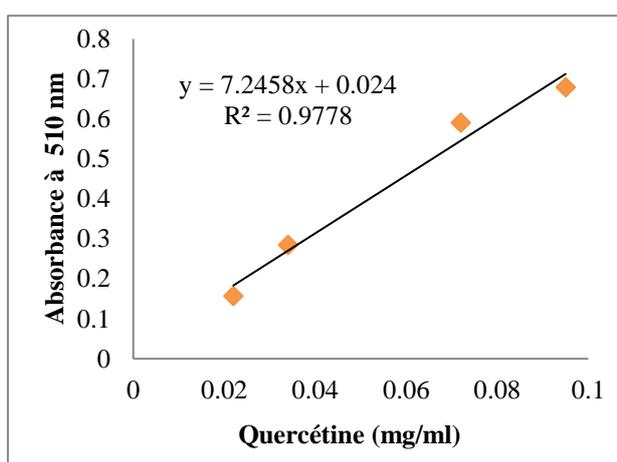


Figure 3 : Courbe d'étalonnage des flavonoïdes.

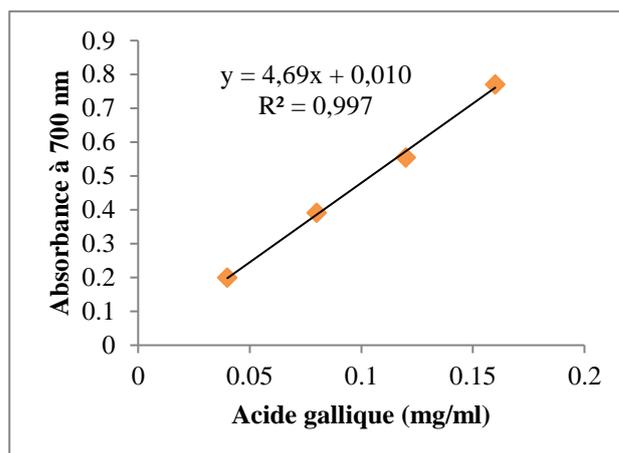
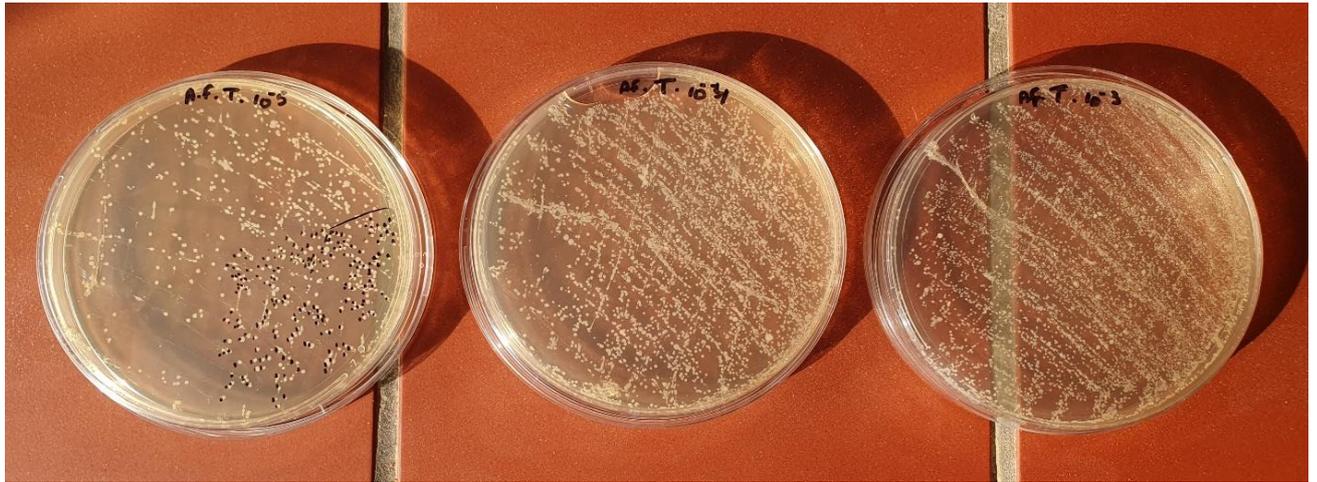
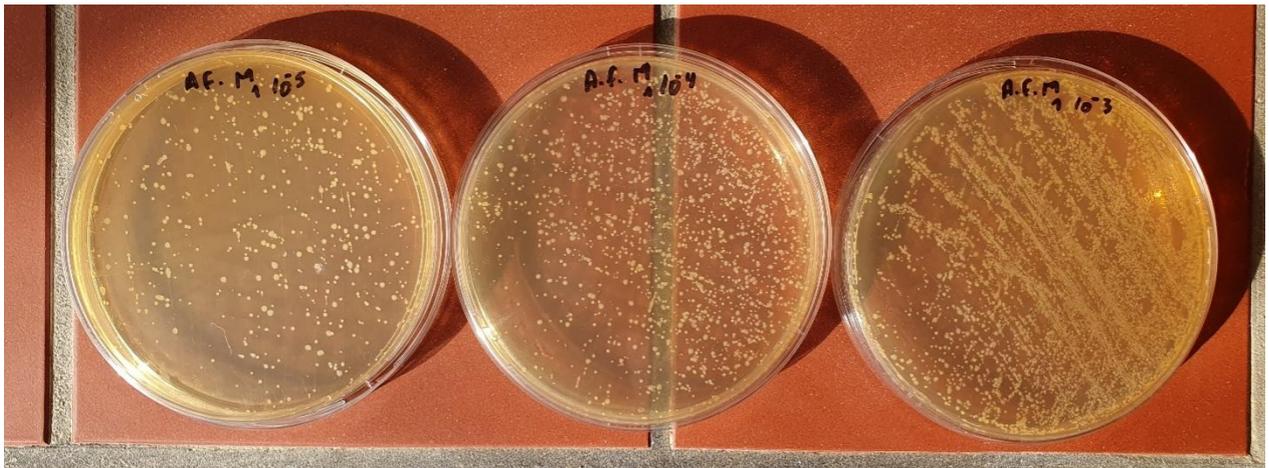


Figure 4 : Courbe d'étalonnage du pouvoir réducteur.

Annexe 3 : Photographies des résultats de l'analyse microbiologique



GC

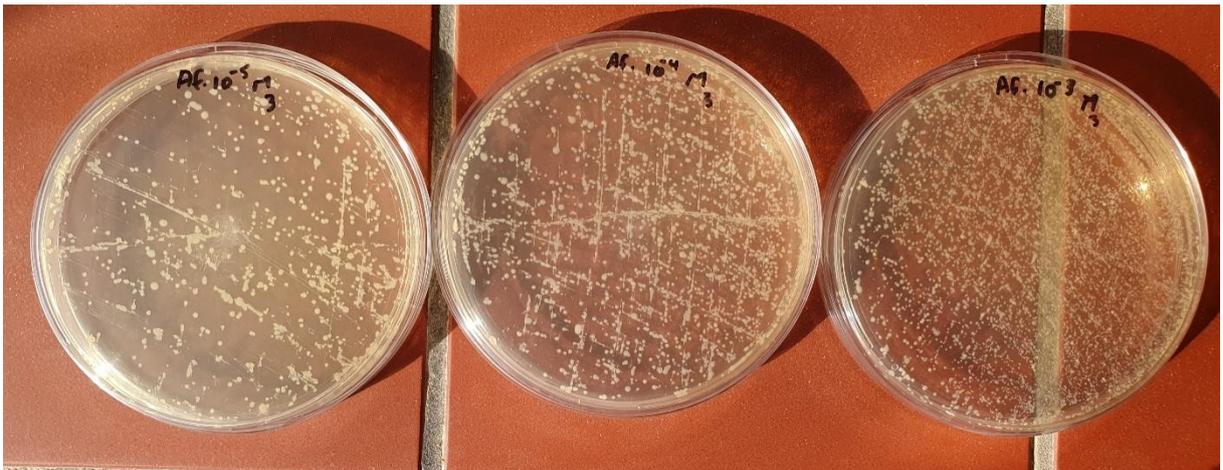


G1

Annexe 3 : Suite



G2



G3

Annexe 4 : L'analyse Sensorielle.

Questionnaire d'analyse Sensorielle de pâte à tartiner à base de viande et de miel par un Panel Expert

Age : ans

Date : 30 /04/2024

Sexe : Féminin

Masculin

Dans l'optique d'une caractérisation sensorielle d'une pâte à tartiner à base de viande, Quatre échantillons codés P1, P2, P3 et P4 vous sont présentés. Il vous est demandé de les examiner et de les goûter successivement, puis répondre aux questions qui suivent :

NB : A la fin de chaque dégustation, rincez votre bouche avec de l'eau.

1/ Couleur

- 1- Marron claire
- 2- Marron orangé
- 3- Marron-rouge
- 4- Marron chocolaté
- 5- Noir

Echantillon	P1	P2	P3	P4
Note				

2/ Intensité de l'odeur (sans gouter)

- 1- Très faiblement intense
- 2- Faiblement intense
- 3- Moyennement intense
- 4- Fortement intense
- 5- Très fortement intense

Echantillon	P1	P2	P3	P4
Note				

3/ Intensité du gout (gout sucré)

- 1- Très faiblement intense
- 2- Faiblement intense
- 3- Moyennement intense
- 4- Fortement intense
- 5- Très fortement intense

Echantillon	P1	P2	P3	P4
Note				

4/ Intensité de l'arôme de miel (sensation en bouche)

- 1- Très faiblement intense
- 2- Faiblement intense
- 3- Moyennement intense
- 4- Fortement intense
- 5- Très fortement intense

Echantillon	P1	P2	P3	P4
Note				

5/ Intensité de texture (sensation en bouche)

- 1- Non fondante
- 2- Faiblement fondante
- 3- Moyennement fondante
- 4- Fortement fondante
- 5- Très fortement fondante

Echantillon	P1	P2	P3	P4
Note				

7/ Intensité de tartinabilité

- 1- Très difficile à tartiner
- 2- Difficile à tartiner
- 3- Moyennement tartinable
- 4- Facilement tartinable
- 5- Très facilement tartinable

Echantillon	P1	P2	P3	P4
Note				

8/ Préférence globale

Attribuer une note de 1 à 9 pour chaque échantillon selon votre préférence, sachant que 1 correspond à l'échantillon le moins préféré et 9 au plus préféré. Comme présenté dans l'échelle ci-dessous :

- 1- Extrêmement désagréable
- 2- Très désagréable
- 3- Désagréable
- 4- Assez désagréable
- 5- Ni agréable ni désagréable
- 6- Agréable
- 7- Assez agréable
- 8- Très agréable
- 9- Extrêmement agréable

Echantillon	P1	P2	P3	P4
Note				

Résumé

Cette étude vise à évaluer l'efficacité des miels Algériens dans la conservation de la viande bovine et des produits carnés, en déterminant leurs caractéristiques physico-chimiques, leurs activités antioxydantes et leurs charges microbiennes. Les résultats ont montré que tous les miels ont des valeurs conformes aux normes standards. Les tests d'activité antioxydante révèlent des résultats significatifs avec des taux variables en polyphénols et flavonoïdes qui varient entre 8,47 et 4,36 mg EAG/100g et entre 0,41 et 16,29 mg EQ /100 g, respectivement. L'incorporation de miel dans les galettes crues de viande de bœuf montre une stabilité oxydative pendant le stockage à 4 °C durant 15 jours ($IP < 10$ meq O_2 /kg et $TBA < 0,2$ mg MDA/kg) et retarde la croissance des bactéries, prolongeant ainsi la conservation. La cuisson à 85 °C des galettes enrichies en miel maintient leur qualité oxydative indiquant que le miel empêche l'oxydation de la matière grasse de la viande. Les nouvelles formulations de la pâte à tartiner à base de viande et miel ont montré des teneurs élevées en composés phénoliques, en activités antioxydantes et une meilleure stabilité oxydative par rapport à la pâte à tartiner témoin. Les corrélations par Spearman soulignent l'importance des composés phénoliques dans la préservation des produits ($p < 0,001$). L'ACP a révélé un même groupe homogène formé par G2 et G3 et PT2 et PT3 indiquant absence d'une différence significative. L'évaluation sensorielle des pâtes à tartiner enrichies en miel a montré que PT1 est la meilleure préférée par le panel expert avec un pourcentage de satisfaction de 67 %. Le miel présente un fort potentiel d'application dans l'industrie de charcuterie en raison de sa capacité à accroître la stabilité oxydative de la viande.

Mots clés: Miels, viande bovine, bio-conservateur, antioxydants, pâte à tartiner de viande, évaluation sensorielles.

Abstract

The aim of this study was to assess the effectiveness of Algerian honeys in preserving beef and meat products, by determining their physico-chemical characteristics, antioxidant activities, and microbial loads. The results showed that all the honeys had values in line with standard norms. Antioxidant activity tests revealed significant results, with variable levels of polyphenols and flavonoids ranging from 8,47 to 44,36 mg EAG/100g and from 0,41 to 16,29 mg EQ /100 g, respectively. Incorporating honey into raw beef patties shows oxidative stability during storage at 4°C for 15 days ($IP < 10$ meq O_2 /kg and $TBA < 0,2$ mg MDA/kg) and retards bacterial growth, thus prolonging shelf life. Cooking honey-enriched patties to 85°C maintains their oxidative quality, indicating that honey prevents oxidation of meat fat. The new honey-meat spread formulations showed higher levels of phenolic compounds, antioxidant activity, and better oxidative stability than the control spread. Spearman correlations underlined the importance of phenolic compounds in product preservation ($p < 0,001$). PCA revealed the same homogeneous group formed by G2 and G3 and PT2 and PT3, indicating the absence of a significant difference. Sensory evaluation of honey-enriched spreads showed PT1 to be the best preferred by the expert panel, with a 67% satisfaction rate. Honey has a strong potential application in the charcuterie industry due to its ability to increase the oxidative stability of meat.

Key words: Honey, Beef, bio-preservative, Antioxidants, meat spread, sensory analysis.

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم فعالية العسل الجزائري في حفظ لحم البقر ومنتجات اللحوم، من خلال تحديد خصائصها الفيزيائية والكيميائية، ونشاطها المضاد للأكسدة، والحمل الميكروبي. أظهرت النتائج أن جميع أنواع العسل كانت ذات قيم متوافقة مع المعايير القياسية. كشفت اختبارات النشاط المضاد للأكسدة عن نتائج مهمة، حيث تتراوح نسب البوليفينولات والفلافونويدات بين 8.47 و 44.36 مجم مكافئ حمض الجاليك/ 100 غ على التوالي وبين 0.41 و 16.29 مجم مكافئ كيرسيتين/ 100 غ.

يُظهر إدخال العسل في شرائح اللحم البقري النينة استقرارًا تأكسديًا خلال التخزين عند 4 درجات مئوية لمدة 15 يومًا ($P < 10$ meq O_2 /kg و $TBA < 0.2$ mg).

ويؤخر نمو البكتيريا، مما يطيل مدة الحفظ. تحافظ عملية طهي شرائح اللحم المخصبة بالعسل عند 85 درجة مئوية على جودتها التأكسدية، مما يشير إلى أن العسل يمنع أكسدة دهون اللحم. أظهرت التركيبات الجديدة لخلطة العسل واللحوم مستويات عالية من المركبات الفينولية والنشاط المضاد للأكسدة كشفت ($p < 0.001$). واستقرًا تأكسديًا أفضل مقارنةً بعينة التحكم. أكدت الارتباطات حسب سبيرمان أهمية المركبات الفينولية في حفظ المنتجات. أظهر مما يشير إلى عدم وجود فرق كبير بين PT2 و PT3 و G2 و G3 عن وجود مجموعة متجانسة تتكون من (PCA) التحليل بالمكونات الرئيسية. التقييم الحسي للخلطات الغنية بالعسل أن PT1 كانت الأفضل تفضيلاً من قبل لجنة الخبراء بنسبة رضا بلغت 67%. يتمتع العسل بقدرة كبيرة على التطبيق في صناعة اللحوم المعالجة نظرًا لقدرته على زيادة الاستقرار التأكسدي للحوم.

الكلمات المفتاحية: عسل، لحم بقري، حافظ بيولوجي، مضادات الأكسدة، عجينة قابلة للدهن من اللحم البقري، تحليلات حسية.