



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.AGRO/2023

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Technologie agroalimentaire et contrôle de qualité

Présenté par :

Dahi Hanane & Hamri Thinhinane

Thème

**Activité antioxydante d'extraits de *Zizyphus lotus* et
Moringa oleifera : Application dans un emballage actif
biodégradable**

Soutenu le: 04/07/2023

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom

Grade

Mr LAMINE.S

MCA

Univ. de Bouira

Président

Mme MOUDACHE.M

MCA

Univ. de Bouira

Promotrice

Mme HADIDI.L

MCB

Univ. de Bouira

Examinatrice

Année Universitaire : 2022/2023

Remerciement

*Nous remercions DIEU tout puissant qui nous a donnés le
Courage, la force pour finaliser ce mémoire*

*Nous remercions chaleureusement notre promotrice Mme
Moudache Messaad pour avoir accepté de nous encadrer,
pour ses orientations, ses conseils, sa constante disponibilité,
pour réaliser et améliorer ce mémoire.*

*A l'honorable jury composé du professeur LAMINE.S
président, du
Mme HADIDI.L examinatrice. Je le remercie d'avoir accepté
d'examiner ce travail.*





Dédicace

Je dédié ce modeste travail:

*Aux personnes les plus chères au monde mon père Ali et
ma mère Hakima qui sont la lumière de mes yeux.*

A mes très chers frères Mazigh et Elyes.

A ma chère binôme Thinhinane.

A mes amies.

Hanane



Dédicace

Je dédie du plus fond de mon cœur ce manuscrit :

*A ma chère mère qui m'a toujours soutenu et conseils dans ma
vie.*

A mon père rebbi irahmou inchalah.

*A mon mari qui a toujours été là pour moi, je le remercie pour
ces encouragements et son soutien.*

A tous mes frères et sœur.

A ma belle famille.

*A ma chère binôme Hanane elle m'a supporté tout le long de
ce travail et à qui je souhaite tout le bonheur du monde et de
la réussite*

A tous mes amies.

A notre enseignante qui nous a aidé et supporté.

Thinhinane

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction **Erreur ! Signet non défini.**

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralité sur l'emballage alimentaire biodégradable et actif

I.1. Concept de l'emballage alimentaire	3
I.2. Facteurs affectant la sélection d'un matériau d'emballage	3
I.2.1. La lumière	3
I.2.2. La température	3
I.2.3. L'humidité	3
I.2.4. Les microorganismes	4
I.2.5. Les propriétés mécaniques.....	4
I.3. Différents matériaux d'emballage	4
I.3.1. Polymères Biodégradables.....	5
I.4. Films Comestibles	6
I.4.1. Types des films comestibles	7
I.4.2. Avantages des films comestibles	9
I.5. Emballages actifs.....	10
I.5.1. Caractéristiques d'un emballage actif.....	10
I.5.2. Inclusion de l'agent actif dans l'emballage	11
I.5.3. Films d'emballages antimicrobiens	11
I.5.4. Films d'emballages antioxydants	12
I.6. Emballages intelligents	12

Chapitre II: Généralités sur *Zizyphus lotus*, *Moringa oleifera* et *Salvia hepanica*

II.1. <i>Zizyphus lotus</i>	15
II.1.1. Classification botanique	15
II.1.2. Composition chimique	15
II.1.2.1. Métabolites primaires	15
II.1.2.2. Métabolites secondaires.....	16
II.1.3. Activités biologiques	17

II.1.4.Utilisations alimentaires de <i>zizyphus lotus</i>	17
II.2. <i>Moringa oleifera</i>	18
II.2.1.Classification botanique	18
II.2.2.Composition chimique du <i>Moringa Oleifera</i>	18
II.2.2.1.Composés phénoliques	19
II.2.3.Activités biologiques	20
II.2.4.Utilisations alimentaires et industrielles	20
II.3. <i>Salvia hispanica</i>	21
II.3.1.Classification botanique	21
II.3.2.Composition chimique des grains de chia	22
II.3.2.1.Teneur en fibres et en glucides	23
II.3.2.2.Teneur en Composés phénoliques	23
II.3.3.Activités biologiques	24
II.3.4.Application industrielle des graines de chia	24

Partie expérimentale

Chapitre I : Matériel et méthodes

I.1.Matériel végétale	28
I.1.1.Préparation du matériel végétal	28
I.2.Caractérisation physico-chimiques de <i>Zizyphus lotus</i> et <i>Moringa oleifera</i>	28
I.2.1.Détermination de la teneur en eau	28
I.2.2.Détermination du pH	29
I.2.3.Détermination du taux de cendres	29
I.3.Extraction et dosage des composés phénoliques	30
I.3.1.Extraction	30
I.3.1.2.Rendement d'extraction	31
I.3.2.Dosage des composés phénoliques	32
I.3.2.1.Dosage des phénols totaux solubles	32
I.3.2.2.Dosage des flavonoïdes	32
I.4.Activité antioxydant des extraits de <i>Zizyphus lotus</i> et <i>Moringa Oleifera</i>	33
I.4.1.Evaluation de L'activité anti-radicalaire du DPPH	33
I.4.2.Pouvoir réducteur ferrique	33
I.5.Emballage actif biodégradable	34
I.5.1.L'extraction du mucilage	34

I.5.1.1.Rendement d'extraction.....	34
I.5.2.Préparation des biofilms	34
I.5.3.Activité antioxydante des biofilms	35
I.5.3.1.Mesure de l'activité de piégeage des radicaux libres DPPH.....	35
I.5.3.2.Application de l'emballage dans la conservation de la viande fraiche hachée..	35
I.5.4.Application des solutions filmogènes comme bioemballages des cerises.....	37
I.5.4.1.Préparation des solutions d'enrobage	37
I.5.4.2.Enrobage des cerises.....	37
I.5.4.3.Effet de l'enrobage sur le poids	37
I.5.4.4.Effet de l'enrobage sur l'apparence de cerises.....	37
Chapitre II:Résultats et discussions	
II.1.Caractérisation physico-chimiques de <i>Zizyphus lotus</i> et <i>Moringa oliefra</i>	46
II.1.1. La teneur en eau	46
II.1.2.pH.....	46
II.1.3.La teneur en cendre	47
II.2.Rendement et dosage des composés phénolique	48
II.2.1.Rendement.....	48
II.2.2.Dosage des composées phénoliques.....	49
II.2.2.1.Dosage des phénols totaux solubles	50
II.2.2.2. Dosage des flavonoïdes	51
II.3.Evaluation de l'activité antioxydante des extraits de <i>Zizyphus Lotus</i> et <i>Moringa oleifera</i>	53
II.3.1.Evaluation de L'activité anti-radicalaire du DPPH.....	53
II.3.2.Pouvoir réducteur de fer (FRAP):	55
II.4.Emballage actif biodégradable.....	56
II.4.1.Rendement d'extraction de mucilages graines de chia	56
II.4.2.Caractérisation des biofilms	56
II.4.3.Activité antioxydante des biofilms.....	56
II.4.3.1.Evaluation de L'activité anti-radicalaire du DPPH des biofilms actifs.....	57
II.4.3.2.Application de l'emballage dans la conservation de la viande fraiche hachée.	58
II.4.4.Enrobage des cerises	60
II.4.4.1.Effet de l'enrobage sur le poids de cerises	60
II.4.4.2.Effet de l'enrobage sur l'apparence de cerises	61

Conclusion générale et perspectives.....**Erreur ! Signet non défini.**

Références bibliographiques

Annexes

Liste des abréviations

- **%**: Pourcentage
- **°C** : Degrés Celsius
- **µl** : Microgramme
- **Abs**: Absorbance
- **AQ** : Aqueux
- **Cm** : Centimètre
- **DPPH** :Diphényl picryl hydrayl
- **EAG** : Equivalent d'acide gallique
- **EAU** : Extraction assistée aux ultrasons
- **EQ** : Equivalent de quercétine
- **FRAP**: Ferric Reducing/Antioxidant Power
- **HDPE**: High-Density Polyethylene
- **IC 50**: Concentration inhibitrice à 50%
- **LDPE**: Low Pensity Polyethylene
- **M.oleifera** : *Moringa oleifera*
- **M.S** : Matière sèche
- **M**: Mètre
- **MDA** : Malondialdéhyde
- **ME** :Méthanolique
- **Mm** : Millimètres
- **Nm**: Nanomètre
- **PH**: Potentiel hydrogène
- **TBARS**: Thiobarbituric Acid Reactive Substances
- **TCA**: Trichloroacetic Acid
- **Z.lotus** : *Zizyphus lotus*

Liste des tableaux

Tableau I: Situation botanique de l'espèce <i>Zizyphus lotus</i>	15
Tableau II : Composition en métabolites secondaires du <i>Zizyphus lotus</i>	17
Tableau III : Les activités biologiques du <i>Z.lotus</i>	17
Tableau IV: La classification botanique de <i>Moringa Oleifera</i>	18
Tableau V : Composition chimique des feuilles de <i>Moringa Oleifera</i> (Mahfuz et Piao, 2019). Toutes les valeurs sont en 100 g de matière sèche.	19
Tableau VI : Les activités biologiques du <i>Moringa oleifera</i>	20
Tableau VII : Classification de la <i>Salvia hispanica L</i>	22
Tableau VIII: Composition chimique des graines de <i>Salvia hispanica L</i>	23
Tableau IX : La teneur en eau et en matière sèche de <i>Zizyphus lotus</i> et <i>Moringa oleifera</i>	46
Tableau X : Rendements d'extraction des composés phénoliques à partir de poudre de feuilles de deux plantes (<i>Zizyphus lotus</i> et <i>Moringa oleifera</i>) par les deux méthodes utilisées	48
Tableau XI: Les résultats d'IC50 des extraits de feuilles de <i>Z.lotus</i> et <i>M. oleifera</i> obtenus par différents méthodes d'extraction sont présentés dans le tableau :	54
Tableau XII: Pouvoir réducteur IC50 des extraits des feuilles du <i>Moringa oleifera</i> et <i>Zizyphus lotus</i> obtenus par deux méthode d'extraction	55

Liste des figures

Figure 01: Photographie des poudres de feuilles de <i>Zizyphus lotus</i> (a) et de <i>Moringa oleifera</i> (b) après broyage et tamisage, et graines de chia (c) (.....	28
Figure 02: Schéma de dosage de substances réactives à l'acide thiobarbiturique (TBARS) ..	36
Figure 03 : Enrobage des cerises dans les solutions filmogènes.....	37
Figure 04 : Taux de cendres de <i>Zizyphus lotus</i> et <i>Moringa oleifera</i>	47
Figure 05: Teneur en phénols totaux de différents extraits	50
Figure 06 : Teneur en flavonoïdes de différents extraits.....	52
Figure 07. Les biofilms à base d'amidon contenant l'extrait de <i>M.oleifera</i> (A), <i>Z lotus</i> (B), et biofilm dépourvu d'extrait (C).....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 08 : Les biofilms à base d'amidon et mucilages de chia contenant l'extrait de <i>M.oleifera</i> (A), <i>Z lotus</i> (B), et biofilm dépourvu d'extrait (C)	Erreur ! Signet non défini.
Figure 09: Activité antiradicalaire du DPPH des biofilms (à base d'amidon) renforcé par des extraits de feuilles du <i>M. oleifera</i> et <i>Z. Lotus</i>	Erreur ! Signet non défini.
Figure 10: Activité antiradicalaire du DPPH des biofilms (50% Amidon, 50% mucilages de graines de chia) renforcé par des extraits de feuilles du <i>M. oleifera</i> et <i>Z. Lotus</i>	Erreur ! Signet non défini.
Figure 11: Valeurs de TBARS de la viande fraîche emballée avec différents films et conservée à 4 °C.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 12: La perte du poids des cerises enrobées après 12 jours de conservation 4°C.....	60
Figure 13: Les cerises testé après 12 jours de conservation (A) : cerises non enrobées, (B) enrobées par solution filmogène sans extraits, (C) enrobées par solution (<i>Z.lotus</i>), (D) : enrobées par solution (<i>M.oleifera</i>) (Originale, 2023).	61

Introduction

Introduction

L'un des obstacles les plus importants auxquels l'industrie alimentaire est confrontée est la durée de vie limitée des denrées alimentaires, causée par la détérioration par des micro-organismes ainsi que par des réactions oxydatives, telles que le brunissement enzymatique, la dégradation et le rancissement oxydatif. Parmi les méthodes utilisées pour lutter contre la détérioration des aliments, l'accent a été mis de plus en plus sur l'utilisation de films comestibles et de revêtements de biopolymères naturels comme substitut aux emballages alimentaires synthétiques (**Mohamed *et al.*, 2020**).

Les emballages biodégradables utilisent souvent des biopolymères naturels comme les protéines, les lipides et les polysaccharides comme base. Ces matériaux sont respectueux à l'environnement, non toxiques et sont à la fois biodégradables et recyclables (**Dutta *et Sit.*, 2022**). Les films ou revêtements comestibles font référence à de fines couches de matériaux qui peuvent être consommés en toute sécurité et fonctionnent comme une barrière protectrice contre différents éléments, tels que l'oxygène, l'humidité et la vapeur d'eau (**Mohamed *et al.*, 2020**).

L'inclusion de composants actifs, tels que des agents antimicrobiens et des antioxydants, dans les films et les revêtements est un domaine d'une importance significative en matière de conservation des aliments (**Mohamed *et al.*, 2020**).

Dernièrement, il y a eu une augmentation de la demande des consommateurs pour des produits alimentaires peu transformés et contenant moins de produits chimiques. Cela a conduit à une concentration accrue sur la découverte de substances naturelles qui peuvent servir d'antioxydants et d'antimicrobiens alternatifs. En conséquence, les aliments qui ont été conservés avec des additifs naturels ont gagné en popularité. Pour empêcher les aliments de s'oxyder, des agents actifs peuvent être incorporés dans les aliments, appliqués à la surface des aliments ou inclus dans le matériau d'emballage (**Benbettaïeb *et al.*, 2018**).

Les composés phénoliques, qui comprennent les flavonoïdes, les tanins, et les acides phénoliques, font partie des principales substances actives provenant de la nature et utilisées dans l'élaboration de revêtements, de films et d'emballages actifs comestibles. Ces composés sont connus pour leurs propriétés antioxydantes exceptionnelles (**Singh *et al.*, 2022**).

Les composés phénoliques possèdent un pouvoir à capturer et piéger les radicaux libres et complexer les métaux (fer) (**Habibou *et al.*, 2019**), De plus, ces composés sont

Introduction

capables de mettre fin aux réactions radicalaires en chaîne qui surviennent lors de l'oxydation des triglycérides (**Moudache, 2017**).

Les extraits de plantes médicinales sont un ingrédient intéressant pour les emballages alimentaires biodégradables en raison de leur origine naturelle et de leurs propriétés phytochimiques et la richesse en composés biologiquement actifs tels que les composés phénoliques qui peuvent être utilisés pour obtenir des matières actives pour prolonger la durée de conservation des aliments et limiter les réactions d'oxydation (**Dutta et Sit., 2022**).

Zizyphus lotus et *Moringa oleifera* sont des plantes riches en composés phénoliques, leurs extraits présentent une excellente activité antioxydante et un pouvoir à piéger les radicaux libres (**Dhibi et al., 2022**) et limitation d'oxydation des lipides (**Abdoul-Azize, 2016**).

Notre étude est divisé en deux parties : Dans la première partie, une partie bibliographie décrivant les notions essentielles à la compréhension de notre travail. La deuxième partie, présente le matériel utilisé, les méthodes appliquées, et les résultats et discussion des résultats obtenus.

L'objectif de notre travail est le suivant :

- ❖ Etude de propriétés physicochimique et propriétés antioxydantes des feuilles de *Zizyphus lotus* et *Moringa oleifera*.
- ❖ Essai d'élaboration des bioemballages alimentaires comestibles actifs et biodégradables à partir de bio polymères (L'amidon et mucilages de chia) additionné des substances bioactives dotées d'activités antioxydants pour prolonger la durée de conservation des aliments (la viande et les cerises).

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1 :

**Généralités sur l’emballage
alimentaire biodégradable et actif**

I. Généralités sur l'emballage alimentaire biodégradable et actif

I.1. Concept de l'emballage alimentaire

La demande pour des aliments plus sains avec une durée de conservation plus longue a augmenté. L'emballage alimentaire, l'un des principaux aspects des industries alimentaires, joue un rôle essentiel pour répondre à cette demande (**Ahari et Soufiani, 2021**).

L'emballage alimentaire est nécessaire, car presque tous les produits alimentaires nécessitent une forme d'emballage. L'absence d'emballage alimentaire peut menacer la sécurité et la qualité des aliments.

L'emballage est une structure spécialisée adaptée aux besoins d'un produit. Son objectif est de retarder la détérioration de l'aliment par des sources chimiques, physiques et microbiennes, ainsi que de prolonger sa durée de conservation et d'assurer sa qualité et sa sécurité (**Yahyaoui, 2020**). L'emballage sert à protéger les aliments contre l'humidité, l'oxydation, les rayons UV et les micro-organismes (**Versino et al., 2023**).

I.2. Facteurs affectant la sélection d'un matériau d'emballage

Divers facteurs influent sur le choix des emballages alimentaires, notamment :

I.2.1. La lumière

Dans les emballages destinés à afficher le contenu du produit, il est essentiel d'avoir une transmission lumineuse adéquate. Cependant, elle est limitée si le produit alimentaire est photosensible (rancissement dû à l'oxydation des graisses et perte de valeur nutritionnelle due à la dégradation de la riboflavine ou des pigments naturels) (**Yahyaoui, 2020**).

I.2.2. La température

Afin de préserver la qualité des aliments emballés, il est crucial de réguler la température à laquelle ils sont conservés. Ceci est particulièrement important lorsque l'emballage est soumis à la chaleur, comme lors de la stérilisation dans un récipient ou lors de la préparation de plats prêts à micro-ondes. Dans de tels cas, le matériau d'emballage doit être capable de résister aux conditions de transformation sans aucun dommage ni interaction néfaste avec les aliments. Pour les emballages d'aliments surgelés, il est crucial que le matériau reste flexible et ne se fissure pas aux températures de stockage (**Yahyaoui, 2020**).

I.2.3. L'humidité

La durée de conservation des aliments dépend en grande partie de la quantité d'humidité qu'ils perdent ou absorbent. Dans un emballage, il existe un microenvironnement

I. Généralités sur l'emballage alimentaire biodégradable et actif

qui est dicté par la pression de vapeur de l'humidité à l'intérieur de l'aliment à sa température de stockage, ainsi que par la perméabilité du matériau d'emballage. Il est essentiel de réguler cet échange d'humidité afin d'éviter la détérioration due à l'activité microbologique ou enzymatique, ainsi que pour éviter que les aliments ne se dessèchent ou ne perdent complètement leur humidité (par exemple dans le cas de viandes fraîches ou cuites et de fromages). Alors qu'une perméabilité élevée est nécessaire dans les emballages alimentaires pour empêcher la condensation de l'humidité dans l'emballage et la formation de moisissures, les aliments séchés, cuits au four ou extrudés à faible humidité relative d'équilibre nécessitent un emballage à faible perméabilité à l'humidité pour empêcher l'humidité de s'échapper dans l'atmosphère.

I.2.4. Les microorganismes

Les emballages qui ont été pliés, agrafés ou emballés avec une torsion ne sont pas complètement scellés et peuvent potentiellement héberger des micro-organismes. Les principales causes de la contamination microbienne dans les emballages alimentaires sont l'eau, l'air, un thermoscellage inapproprié et tout dommage au matériau d'emballage tel que les plis ou les déchirures. D'autres méthodes telles que l'utilisation de conservateurs, de faibles teneurs en humidité ou le stockage à basse température limitent la croissance des micro-organismes, et l'importance de l'emballage est relativement moins importante dans ces cas (Yahyaoui, 2020).

I.2.5. Les propriétés mécaniques

La capacité d'un emballage à protéger les denrées alimentaires contre les dommages causés par les forces mécaniques dépend de sa capacité à supporter les tractions dues au l'empilage des véhicules, les frottements provoqués lors de la manipulation et du transport les, la perforation ou la casse résultant d'un choc lors de la manipulation ou les vibrations qui se produisent pendant le transport (Yahyaoui, 2020).

I.3. Différents matériaux d'emballage

Les matériaux d'emballage alimentaire doivent satisfaire à des conditions plus d'être exempts de substances toxiques. Ces conditions comprennent :

Les exigences en matière de protection de la santé et de protection contre les facteurs externes tels que l'humidité, les gaz, les odeurs, la lumière et les graisses.

I. Généralités sur l'emballage alimentaire biodégradable et actif

La résistance aux chocs ; transparence ; inviolabilité, ainsi que la facilité d'ouverture, de fermeture et d'élimination. Les limitations de taille, de forme et de poids, ainsi que l'apparence et l'imprimabilité.

Dans l'industrie alimentaire, les matériaux d'emballage les plus couramment utilisés sont le plastique, le verre, le carton, le papier, le métal et le bois. Il est essentiel de prendre en considération les avantages et les inconvénients de chaque matériau lors du choix du matériau la plus appropriée pour un produit alimentaire particulier (**Aït Ouahioune, 2022**).

Malgré les qualités multiples de ces matériaux synthétiques, l'industrie alimentaire envisage d'utiliser des emballages comestibles et biodégradables à base de glucides ou de protéines. Ce retour vers ces matières naturelles est lié d'une part à des enjeux environnementaux et économiques, d'autre part à la nécessité de développement de nouveaux produits et aux changements dans les modes de consommation (**Moudache, 2017**).

I.3.1. Polymères Biodégradables

Les polymères sont constitués de chaînes d'unités simples appelées monomères, qui peuvent être identiques ou différentes les unes des autres. Le nombre d'unités monomères qui composent la macromolécule est appelé degré de polymérisation. La capacité d'un matériau à être décomposé par l'activité microbienne est appelée sa biodégradabilité. Ce processus aboutit à une simplification progressive de la structure du matériau, aboutissant finalement à sa conversion en CO₂, H₂O et/ou CH₄. De plus, cela conduit également à la formation de nouvelle biomasse (**Bali, 2012**).

La production de matériaux biodégradables peut être réalisée par deux méthodes distinctes, qui dépendent de l'origine des matières premières et des voies de synthèse. Ces deux possibilités incluent la voie des polymères biodégradables issus de l'industrie pétrochimique et la voie des polymères biodégradables issus de ressources renouvelables (**Al Mahdi, 2006**).

Les biopolymères, également appelés polymères naturels, sont des matériaux synthétisés par des organismes vivants tels que des animaux, des micro-organismes et des plantes. La catégorie la plus importante de biopolymères est celle des polysaccharides, qui sont des glucides. Des exemples de ceux-ci l'amidon, présent dans le blé, le maïs et les pommes de terre, la cellulose (paroi cellulaire végétale), la lignine, qui se trouve dans le bois, ou le chitosane (chitine crustacées)

I. Généralités sur l’emballage alimentaire biodégradable et actif

Une autre famille de biopolymères est constituée de protéines, qui peuvent être dérivées d'oléagineux comme le tournesol et le colza, de protéagineux comme les féveroles et les pois, et de tissus animaux comme le collagène, la gélatine et la caséine (**Bali, 2012**).

I.4, Films Comestibles

Les emballages comestibles sont considérés comme une alternative durable et biodégradable dans le domaine des emballages alimentaires actifs et offrent également une amélioration de la qualité des aliments par rapport aux formes traditionnelles d'emballage. Les emballages comestibles offrent une multitude d'avantages, principalement parce qu'ils favorisent une qualité alimentaire optimale, prolongent la durée de vie des produits emballés, réduisent les déchets et améliorent la rentabilité des matériaux d'emballage (**Trajkovska et al. 2021**).

La polyvalence et le potentiel des films comestibles en font l'un des domaines les plus prometteurs de la science alimentaire. Ils peuvent être fabriqués à partir d'une large gamme de matériaux et servir de supports pour diverses substances actives, notamment des antioxydants et des agents antimicrobiens. En conséquence, la recherche dans ce domaine a connu un essor considérable au cours des dix dernières années (**Trajkovska et al., 2021**).

Les films et les enrobages comestibles sont utilisés traditionnellement pour améliorer l'apparence et la durée de conservation des aliments

Les exemples les plus courants sont :

- Depuis le XII^e siècle, il est courant en Chine d'enrober les fruits de cires naturelles. De plus, les enrobages au chocolat sont souvent utilisés sur les produits de pâtisserie ou de confiserie.
- L'enrobage de viande avec de la graisse (**Bali, 2012**).

Un emballage comestible désigne un film, un enrobage ou une fine couche protectrice qui possède soit des propriétés sélectives en termes de transferts, soit des propriétés actives. Cet emballage est un composant de l'aliment et il est consommé tel quel, il agit comme une barrière contre le gaz, les graisses, l'humidité (**Bali, 2012**).

De plus, il améliore la qualité des produits en minimisant la perte d'arôme et en préservant leur goût, leur texture et leur saveur. Un enrobage optimal est celui qui prolonge

I. Généralités sur l'emballage alimentaire biodégradable et actif

efficacement la durée de conservation des fruits frais sans créer de conditions anaérobies et favorise la préservation de la qualité du produit même après ouverture (**Bali, 2012**).

Les films et enrobages comestibles sont de fines couches de matériau (leur épaisseur est généralement inférieure à 0,3 mm) ce polymère provient d'une agro-ressource telle que les protéines, les glucides et les lipides (**Parreidt et al., 2018**).

La comestibilité des films est dépendante de la formulation et du procédé de fabrication. Afin de garder leur comestibilité, les ingrédients doivent être de qualité alimentaire ce qui limite le choix des solvants à l'eau et l'éthanol. Jusqu'à présent, les prix relativement élevés des films comestibles notamment à cause de l'extraction coûteuse des biopolymères employés ou les modes de fabrication aux prix élevés (voie solvant par exemple), limitent encore grandement leur utilisation et leur commercialisation dans le secteur alimentaire. Les films plastiques (LDPE, HDPE, etc.) sont connus pour avoir de bonnes propriétés barrières à la vapeur d'eau et une faible propriété barrière à l'oxygène. C'est généralement l'inverse en ce qui concerne les films comestibles à base de protéines. Les films de biopolymères présentent des propriétés barrière aux gaz impressionnants dans des conditions sèches, en particulier contre l'oxygène (**Moudache, 2017**).

I.4.1.Types des films comestibles

I.4.1.1.Films comestibles à base des hydrocolloïdes

Les hydrocolloïdes sont des polymères hydrophiles à longue chaîne (comportant soit protéines ou polysaccharides) qui, lorsqu'ils sont dispersés dans l'eau, peuvent former des gels suspensions visqueuses (**Mohamed et al., 2020**).

I.4.1.1.1.Films comestibles à base de polysaccharides

Les polysaccharides sont les polymères les plus utilisés dans la formulation de matériaux d'emballage pour la conservation des aliments, en raison de leur faible coût et de leur accessibilité; cependant, le choix des polysaccharides dans la formulation des films biodégradables est privilégié en raison de la modification aisée de la nature hydrophile avec des additifs, ce qui se reflète dans ses propriétés mécaniques et barrières (**Díaz-Montes, 2022**).

Les polysaccharides les plus utilisées pour élaborer des films comestibles sont : la pectine, la carraghénine, l'alginate, l'amidon et la gomme xanthane (**Mohamed et al., 2020**).

I. Généralités sur l'emballage alimentaire biodégradable et actif

I.4.1.1.2. Films comestibles à base des Protéines

Les protéines peuvent être des matériaux intéressants pour le développement de films ou d'enrobages comestibles grâce à leur valeur nutritive (Colak, 2014).

Les protéines sont des hétéropolymères complexes constitués de monomères d'acides aminés qui sont liés entre eux par des liaisons peptidiques pour former leur structure primaire. La formation de ces liaisons se traduit par une gamme variée de structures secondaires, tertiaires et quaternaires qui confèrent aux protéines une multitude de propriétés. Les films et revêtements comestibles sont fréquemment développés à partir de protéines, qui peuvent provenir de diverses sources. Certains exemples courants incluent les protéines végétales telles que le gluten de blé, la zéine de maïs, les protéines de soja, les gliadines, les gluténines, la conarachine (protéine d'arachide), les protéines de coton, les pistaches et les protéines de pois, ainsi que les protéines dérivées du colza, du tournesol et des protéines animales comme le collagène, la gélatine, les caséines et les protéines de lactosérum (Al Mahdi, 2006).

I.4.1.2. Films comestibles à base lipides

Les lipides sont de bons composants des films et revêtements comestibles pour les applications alimentaires, Ces lipides peuvent comprendre des huiles et des graisses animales ou végétales, telles que le saindoux, le beurre, les acides gras et les mono-di-triglycérides, De plus, les cires telles que le carnauba, la paraffine, la cire d'abeille, la candelilla et le jojoba, ainsi que les résines naturelles comme le guarana et l'oliban, et les émulsifiants et les tensioactifs, tels que les alcools gras, la lécithine et les acides gras, sont également des composants utiles. (Tan *et al.*, 2021).

Les lipides possèdent des propriétés exceptionnelles de barrière à l'eau, sont consommables et biodégradables.

Les films à base de lipides sont connus pour leur résistance à la vapeur d'eau. Cependant, ces films présentent une résistance mécanique réduite et une perméabilité à l'oxygène accrue, Les propriétés mécaniques de ces biofilms peuvent être améliorées en incorporant des matériaux hydrophiles dans la composition ou en stratifié avec une couche lipidique de film hydrocolloïde. Des chercheurs ont étudié les effets des acides gras saturés et insaturés sur les films à base d'hydroxypropyl-méthylcellulose et ont découvert que les acides gras peuvent former des couches stables dans les matrices de film et améliorer les propriétés de barrière à l'humidité (Tan *et al.*, 2021).

I. Généralités sur l’emballage alimentaire biodégradable et actif

I.4.1.3.Composites

Les films composites comestibles sont obtenus à partir d’une combinaison d’hydrocolloïdes et de lipides.

Alors que les lipides ont des caractéristiques de barrière à l’eau supérieures et sont à la fois biodégradables et comestibles, leur manque de forces de cohésion nécessite l’utilisation d’un hydrocolloïde comme matrice afin de former des films. Certains exemples de lipides utilisés conjointement avec des hydrocolloïdes comprennent les acides gras, la cire d’abeille, les alcools gras et les monoglycérides acétylés. Une émulsion stable et uniforme est produite lorsque les lipides sont dispersés au sein d’un réseau créé par des protéines ou des polysaccharides. Cette émulsion est ensuite utilisée pour créer un film homogène. Les films composites peuvent également être construits en deux couches, une couche comprenant des hydrocolloïdes et l’autre incorporant des lipides (Colak, 2014).

Les films qui utilisent à la fois des hydrocolloïdes et des lipides sont appelés films bicouches. En utilisant les propriétés de barrière aux gaz des hydrocolloïdes et les propriétés de barrière à la vapeur d’eau des lipides, ces films sont capables d’optimiser leurs performances. L’opacité des films peut être augmentée soit en augmentant la concentration de lipides, soit en augmentant la taille des gouttelettes dispersées dans l’émulsion, tandis qu’une diminution de la taille des gouttelettes et une meilleure dispersion améliorent la qualité globale des films (Colak, 2014).

I.4.2.Avantages des films comestibles

Les films et revêtements comestibles améliorent également la valeur nutritionnelle des aliments et augmenter leur durée de conservation (Gaspar et Braga, 2023).

Les films comestibles offrent deux avantages principaux par rapport à l’incorporation directe des agents antioxydants ou antimicrobiens dans l’aliment en vrac :

- Le contrôle de la diffusion d’éléments actifs à la surface de l’aliment.
- La réduction de la quantité de conservateurs ajoutés dans l’aliment (Benbettaïeb *et al.*, 2018).

Les films et revêtements comestibles peuvent être classés comme une forme d’élément de conservation dans les aliments. Les « couches superficielles actives » jouent un rôle crucial dans le maintien de la qualité des aliments en régulant les échanges gazeux tels que la vapeur

I. Généralités sur l'emballage alimentaire biodégradable et actif

d'eau, l'oxygène, le CO₂ et l'éthylène. De plus, ils modifient et régulent les conditions à la surface de l'aliment, telles que les niveaux de pH, la rétention d'agents fonctionnels et la libération contrôlée d'additifs (**Al Mahdi, 2006**).

Dans le domaine de la qualité et de la conservation des aliments, les films et revêtements alimentaires jouent un rôle crucial qui ne peut pas toujours être remplacé. Ces films et revêtements sont une variable supplémentaire qui peut aider à contrôler la stabilité d'une variété d'aliments, qu'ils soient frais, transformés ou congelés. Bien que certaines des fonctions de ces films et revêtements comestibles soient similaires à celles des emballages synthétiques conventionnels, ils offrent également des avantages uniques (**Al Mahdi, 2006**).

Deux types d'emballages fonctionnels peuvent être distingués :

I.5. Emballages actifs

Le concept d'emballage actif fait référence à plus qu'un simple revêtement protecteur pour les produits alimentaires. Au lieu de cela, ce sont les emballages qui interagissent directement avec les aliments et dans certains cas réagissent aux changements de l'environnement ou du produit lui-même (**Damaj, 2008**).

Le règlement du parlement européen et du Conseil n° 1935/2004 du 27 octobre 2004 définit l'emballage actif comme <<Les matériaux et objets actifs sont destinés à prolonger la durée de conservation ou à maintenir ou à améliorer l'état de denrées alimentaires emballées>>. Ces matériaux sont conçus pour libérer ou absorber des substances dans l'aliment emballé ou son environnement (**Bali, 2012**).

I.5.1. Caractéristiques d'un emballage actif

Les emballages actifs sont capables de remplir plusieurs fonctions telles que la libération progressive, l'adsorption et la transformation de gaz ou de composés. Par exemple, il peut permettre sélectivement la perméation de l'oxygène, du dioxyde de carbone ou de divers composés aromatiques.

Le moment où l'emballage traditionnel devient un emballage actif, c'est lorsqu'il offre une sélectivité aux gaz atmosphériques. Ces types d'emballages sont très demandés pour le conditionnement sous atmosphère modifiée de plantes fraîches ou peu transformées.

I. Généralités sur l'emballage alimentaire biodégradable et actif

Actuellement, les différentes catégories disponibles sur le marché mondial peuvent être classées en trois groupes distincts : Les interactifs, les indicateurs et les préparateurs. Ces catégories sont basées sur leur fonction d'améliorer et de maintenir la qualité des aliments tout au long de leur chaîne de distribution, de répondre aux conditions de stockage ou aux caractéristiques des aliments pour fournir des informations en temps réel au consommateur ou de faciliter la consommation d'aliments (**Damaj, 2008**).

Les emballages actifs contrôlent la respiration, l'oxydation des lipides, la perte d'eau et l'activité microbienne dans les fruits et légumes. Ils préservent également la valeur nutritionnelle des aliments et réduisent le gaspillage alimentaire (**Agarwal et al., 2023**).

I.5.2. Inclusion de l'agent actif dans l'emballage

Il existe plusieurs manières de fabriquer essentiellement un emballage actif soit l'élément actif est une partie du matériau d'emballage lui-même (le matériau actif est inclus à l'intérieur de l'emballage, à la surface du film ou entre les films d'un emballage multicouche) ou dans un élément placé à l'intérieur de l'emballage (sacs alimentaires, bouchons, étiquettes) (**Gontard, 2000; et al., 1999**).

Certains additifs seraient instables à des températures d'extrusion (200-370), il est donc préférable qu'ils soient appliqués à l'emballage comme revêtement interne (**Han, 2005 ; De Kruijf et al., 2002**).

I.5.3. Films d'emballages antimicrobiens

Les films d'emballage antimicrobiens sont des films spécialisés conçus pour empêcher la croissance de micro-organismes nuisibles. Une façon possible de prolonger la durée de conservation des aliments consiste à ajouter des substances antimicrobiennes dans les revêtements et les films comestibles (**Benbettaieb et al., 2018**).

L'emballage antimicrobien est un type d'emballage actif qui fonctionne pour diminuer, prévenir ou empêcher le développement de micro-organismes qui pourraient exister dans le matériau d'emballage ou le produit alimentaire enfermé. Dans le domaine de l'agroalimentaire, cette forme d'emballage est utilisée pour emballer une variété de produits comme les viandes, le poisson, le poulet, les fromages, les fruits et les légumes (**Bali, 2012**).

I. Généralités sur l'emballage alimentaire biodégradable et actif

I.5.4.Films d'emballages antioxydants

Oxydation des lipides dans les aliments entraîne l'apparition du rancissement et la création d'aldéhydes nocifs, en plus la perte de la valeur nutritionnelle de l'aliment (**Ait Ouahioune, 2022**), et des saveurs désagréables et une perte de couleur et de saveur (**Singh et al., 2022**)

La méthode conventionnelle pour protéger les lipides de l'oxydation consiste à ajouter des antioxydants. Pourtant, cette méthode a ses limites car l'ajout d'antioxydants directement dans les aliments peut participer à des réactions complexes, se transformant parfois en pro-oxydants. De plus, le manque de sélectivité dans le ciblage de la surface des aliments, où se produisent la plupart des réactions d'oxydation, présente des défis.

Une approche alternative consiste à intégrer des agents antioxydants dans l'emballage en polymère, ce qui peut empêcher les processus oxydatifs et prolonger la durée de conservation des produits alimentaires. La performance antioxydante peut être obtenue soit en incluant des antioxydants dans le matériau d'emballage, qui sont ensuite libérés dans les aliments, soit en incorporant des piègeurs de radicaux libre dans le matériau d'emballage (**Ait Ouahioune, 2022**).

L'application de films d'emballage contenant des antioxydants (emballage actif) qui entrent en contact avec des surfaces alimentaires peut retarder l'oxydation des lipides et la dénaturation des protéines et améliorer la stabilité de viande fraîche contre les procédés d'oxydation. Ces preuves ont accéléré la recherche d'antioxydants naturels, ce qui a conduit à l'identification des ressources naturelles et l'isolement de molécules antioxydantes actives.

Ces substances naturelles comprennent des herbes et des épices et sont des extraits qui se sont avérés très efficaces pour prévenir l'oxydation des lipides dans les aliments. Les composés phénoliques, l'un des principaux composants de ces extraits de plantes, sont connus pour agir comme antioxydants en piégeant les radicaux libres formés lors de l'oxydation (**Moudache, 2017**).

I.6.Emballages intelligents

Les systèmes d'emballages intelligents sont un moyen de surveiller l'état dans lequel des produits alimentaire sont emballées, ou leur l'environnement, ils sont destinés à informer les consommateurs de changements spécifiques de l'aliment emballé ou de son environnement entouré. Il peut signaler les conditions à l'extérieur de l'emballage ou de

I. Généralités sur l’emballage alimentaire biodégradable et actif

mesurer la qualité de l’aliment dans l'emballage. Ils complètent les informations liées à la conservation en indiquant, par exemple, si l’emballage est endommagé ou s’il n’a pas été maintenu à une température suffisamment basse, ainsi que le changement de pH et acidité **(Moudache, 2017)**.

L'emballage intelligent indique au consommateur si le produit répond toujours à toutes les exigences, s’il est sûr, par exemple, si la chaîne du froid a été perturbée pendant le processus de fabrication, le stockage et le transport du produit alimentaire, ou si quelque chose d'autre s'est produit qui pourrait affecter la sécurité et la qualité de cet aliment.

La nouvelle génération d'emballages intelligents est équipée de biocapteurs (ex : ToxinGuard® ; Food Sectinel System®). Ces biocapteurs sont capables de détecter la présence de métabolites nocifs comme les amines biogènes et les toxines, ainsi que le développement des agents pathogènes dangereux dans les aliments. Cette technologie offre un moyen intelligent de contrôler la qualité des aliments. De plus, les emballages intelligents contribuent également indirectement à prolonger la durée de conservation des produits alimentaires. Tout d'abord, il contribue à améliorer la traçabilité des produits et aide à contrôler la durée de conservation des produits tout au long de la chaîne d'approvisionnement, permettant ainsi une meilleure prise de décision en matière de politiques de transport et commerciales. Deuxièmement, en particulier dans le cas de produits avec une date de péremption, cela peut éviter qu'un produit sain ne soit jeté **(Duda-Chodak et al., 2023)**.

Chapitre II

**Généralités sur *Zizyphus lotus*,
Moringa oleifera et *Salvia hispanica***

II. Généralités sur Zizyphus lotus, Moringa oleifera, Salvia hispanica

II.1.Zizyphus lotus

Zizyphus Lotus (Z. Lotus), également connu sous le nom de jujubier, appartient à la famille des angiospermes *Rhamnacées* (Abdoul-Azize, 2016). Cette famille comprend 900 espèces auprès de 58 Genres (Punt *et al.*, 2003).

II.1.1.Classification botanique

Selon Ghedira (2013), la classification de *Zizyphus lotus* est suivante

Tableau I: Situation botanique de l'espèce *Zizyphus lotus* (Ghedira, 2013).

Règne	Végétal
Embranchement	Magnoliophyta (Phanérogames)
Sous-embranchement	Magnoliophytina (Angiospermes)
Classe	Magnoliopsida (Dicotylédones)
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Rhamnales
Famille	Rhamnaceae
Tribu	Zizyphae
Genre	<i>Zizyphus</i>
Espèce	<i>Zizyphus lotus</i> (L.).

II.1.2.Composition chimique

Les études phytochimiques menées sur le *Zizyphus lotus* montrent la présence des métabolites primaires et secondaires (tableau II) (Catoir *et al.*, 1999).

II.1.2.1.Métabolites primaires

La pulpe de *Zizyphus lotus* L. est très riche en substances nutritives, composée de 12,8 à 13,6% de glucides dont : 5,6% de saccharose, 2,1% de fructose, 1,5% de glucose, et 1% d'amidon. La pectine extraite de la pulpe contient du D-Galactose, 2,3, 6 Tri-o-acétyl, Ce qui lui confère des propriétés anti-diarrhéiques et permet d'abaisser le taux de cholestérol plasmatique. La pulpe de Z. lotus contient (4,84 g/100 g) de fibres et (1,18 g/100 g) de protéines,

II. Généralités sur Zizyphus lotus, Moringa oleifera, Salvia hispanica

La pulpe contient les acides aminés suivants : Asparagine, arginine, acide aspartique, acide glutamique glycine, sérine et thréonine (**Abdeddaim, 2016**).

Z. lotus pourrait être considéré comme une source de nombreuses vitamines pour l'alimentation humaine, la pulpe de *Z. lotus* est riche en vitamine C (**Abdoul-Azize, 2016**) et vitamine A (**Abdeddaim, 2016**). Et en minéraux tel que le calcium, le magnésium et le potassium, Des quantités similaires de magnésium et de calcium ont été trouvées dans la pulpe de *Z. lotus* tandis que des teneurs plus élevées de ces trois minéraux sont présentes dans les graines de *Z. lotus* (**Abdoul-Azize, 2016**). Les amandes du "*Zizyphus lotus L.*" sont très riches en protéines soufrées (**Abdeddaim, 2016**).

II.1.2.2.Métabolites secondaires

Z.lotus contient des molécules biologiquement actives tels que les polyphénols (flavonoïdes, tanins), les triterpènes, les antrachinones, les alcaloïdes les saponosides (**Djemai Zoughlache, 2009**).

Dans les feuilles, la teneur en composés phénoliques totaux est de 664 mg/100 g, ainsi que les flavonoïdes allant de 130 à 199 mg/100 g, une teneur élevée en saponines (340 mg/100 g) (Tableau II). Dans le fruit, les phénols totaux sont les composés majoritaires, s'élevant de 297 à 4078,2 mg/100 g MS; et les flavonoïdes et les tanins sont présents en quantités modérées, respectivement 122 et 33 mg/100 g. La pulpe de *Z. lotus* contient des quantités modérées de polyphénols (325 mg/100 g) (**Abdoul-Azize, 2016**).

Les graines de *Z. lotus* contiennent des petites quantités de polyphénol (14,68 mg/100 g), la teneur en polyphénols dans l'écorce de racine de *Z. lotus* est de 2009 mg/100 g ainsi qu'une teneur élevée en saponines 219 mg/100 g, une teneur élevée en flavonoïdes (120 mg/100 g) et une grande quantité de proanthocyanidines (156 mg/100 g) par rapport à d'autres molécules comme les alcaloïdes cyclopeptidiques, allant de 1,4 à 23,95 mg/100 g (**Abdoul-Azize, 2016**).

En résumé, les parties aériennes (feuilles et fruits) de *Z. lotus* sont la source la plus importante de polyphénols et de flavonoïdes (3630–8144 mg/ 100 g), tandis que les graines sont riches en graisses. Ces variations de la teneur en biomolécules de *Z. lotus* pourraient être dues à l'environnement, au type de sol et à l'âge de la plante (**Abdoul-Azize, 2016**).

II. Généralités sur Zizyphus lotus, Moringa oleifera, Salvia hispanica

Tableau II : Composition en métabolites secondaires du *Zizyphus lotus*

organe	Composition chimique	Références
Feuilles	Flavonoïdes, Tanins, Saponines	(Abdoul-Azize, 2016)
	Alcaloïdes, Jujuboside B3, Glycosides de jujubogénine, Jujubasaponine IV.	(Djemai Zoughelache, 2009)
Fruit	Flavonoïdes , tanins saponines, alcaloïdes.	(Borgi <i>et al.</i> , 2007(b))
Ecorce de Racine	Flavonoïdes, tanins, alcaloïde cyclopeptidiques, saponines de type dammarane	(Borgi <i>et al.</i> , 2007(a)) (Abdoul-Azize , 2016)

II.1.3. Activités biologiques

Plusieurs études ont démontré des activités biologiques de *Z.lotus*, nous citons quelques-unes dans le tableau ci-dessous.

Tableau III : Les activités biologiques du *Z.lotus*

Activité biologique	Référence
Activité antioxydante	Abdoul-Azize, 2016 ; Benammar <i>et al.</i> , 2010
Activités antimicrobiennes	(Bekkar <i>et al.</i> , 2021; Abdoul-Azize, 2016 ; Zeghad, 2009).
Activités anti-ulcérogéniques	(Borgi <i>et al.</i> , 2007).
Activités anti-inflammatoires analgésiques	(Borgi <i>et Chouchane</i> , 2009). (Borgi <i>et al.</i> , 2008; Borgi <i>et al.</i> , 2007).
Activités antiulcérogènes	(Borgi <i>et al.</i> 2008)
activités antispasmodiques	(Borgi <i>et chouchane</i> , 2009)
activité hypoglycémique	(Abdoul-Azize, 2016 ; Benammar <i>et al.</i> , 2014)

II.1.4. Utilisations alimentaires de *zizyphus lotus*

La vertu nutritionnelle de *Z. lotus* repose principalement sur sa composition riche en vitamine E, vitamine C, fibres, acides gras, acides aminés, calcium, magnésium (Abdoul-azize, 2016). Les fruits de *zizyphus lotus* sont séchés et transformés en farine pour faire des crêpes au goût très agréable. Les huiles végétales sont largement consommées dans notre

II. Généralités sur Zizyphus lotus, Moringa oleifera, Salvia hispanica

alimentation. Ils contribuent à la saveur, au goût et à la texture des aliments. Conformément à cela, il a été rapporté que l'huile de *Z. lotus* est de haute qualité, en raison de sa teneur en acides gras insaturés et autres composés bioactifs (Abdoul-azize, 2016).

En inde, le jujube est employé pour la profération des desserts consommés en hiver, le miel extrait de ses fleurs est un miel de bonne qualité nutritionnelle avec un gout agréable. En Chin le fruit de jujubier sont utilisés pour production de vin (Saadoudi, 2019)

II.2.Moringa oleifera

Elle est qualifié «d'arbre de vie», «d'arbre miracle» ou plante divine du fait de ses nombreuses potentialités nutritives, médicinales et industrielles (Hêdji et al., 2014).

II.2.1.Classification botanique

Moringa oleifera Lam, appartient à la famille des Moringaceae qui comprend environ 13 espèces.

Tableau IV: La classification botanique de *Moringa Oleifera* (Bichi, 2013).

Classification	Nom spécifiques
Règne	Plantae
Sous-règne	Angiospermes
Division	Dicotylédones
Classe	Rosacées
Ordre	Brassicales
Famille	Moringaceae
Genre	Moringa
Espèce	<i>Moringa Oleifera Lamarck</i>

II.2.2.Composition chimique du *Moringa Oleifera*

La composition chimique des feuilles de *Moringa Oleifera* est présentée dans le tableaux V (Mahfuz et Piao, 2019).

II. Généralités sur Zizyphus lotus, Moringa oleifera, Salvia hispanica

Tableau V : Composition chimique des feuilles de *Moringa Oleifera* (Mahfuz et Piao, 2019). Toutes les valeurs sont en 100 g de matière sèche.

Composant nutritif	Quantité	Composant nutritif	Quantité
Calories (cal)	329	Vitamine E (mg)	10–77,0
Protéine (g)	29,4–40,0	Calcium (mg)	2185–3050
Lipides(g)	5.2–6.5	Magnésium (mg)	86–438
Glucides (g)	38,0–41,2	Phosphore (mg)	204–252
Fibre (g)	12.5–21.09	Potassium (mg)	1236–1384
Vitamine A	16.3–18.90	Cuivre (mg)	0,08–0,49
Vitamine B1 (mg)	2.02–2.60	Fer (mg)	25,6–490
Riboflavine (mg)	19.82–21.3	Zinc (mg)	3.25–13
Acide ascorbique (mg)	15.8–17.3	Manganèse (mg)	86,8–91,2

II.2.2.1. Composés phénoliques

Moringa Oleifera est une plante importante en raison de la présence de nombreux composés bioactifs dans ses feuilles. Ces composés comprennent les caroténoïdes, les alcaloïdes, les composés phénoliques, les glucosinolates, les isothiocyanates, les tanins, les saponines, les folates et les acides gras (Kashyap *et al.*, 2022). Les principaux composés phénoliques trouvés dans les feuilles sont les lignanes, en particulier les glycosides de médiorésinol, d'isolaricirésinol, de sécoisolaricirésinol et d'épipinorésinol. Les feuilles contiennent également 26 flavonoïdes, dont la quercétine, le kaempférol, l'apigénine, la lutéoline et la myricétine, ainsi que 11 acides phénoliques et leurs dérivés, tels que les acides caféoylquinique, féruloylquinique et coumaroylquinique et leurs isomères (Rodríguez-Pérez *et al.*, 2015 ; Kashyap *et al.*, 2016). Selon Rocchetti *et al.* (2019). Les feuilles de *Moringa Oleifera* sont principalement composées de quercétine (43,75 %) et d'autres flavonoïdes (18,75 %).

L'extrait méthanolique de feuilles de *Moringa* présentait une teneur totale en phénols allant de 71,08 ± 12,05 à 76,63 ± 10,63 mg GAE/g dans une étude menée par Rodríguez-Pérez *et al.* (2015). Ainsi, les feuilles de *Moringa oleifera* sont une excellente source de ces composés phytochimiques. La composition phytochimique des plantes de *Moringa* est

II. Généralités sur Zizyphus lotus, Moringa oleifera, Salvia hispanica

affectée par plusieurs facteurs, tels que le germoplasme, le stade de maturité et les conditions agro-climatiques (Anwar *et al.*, 2007 ; Nouman *et al.*, 2016).

II.2.3. Activités biologiques

La plante *Moringa oleifera* est une riche source de nutriments et de composés bioactifs qui confèrent à l'extrait de plante ses précieuses propriétés pharmacologiques. Ces propriétés contribuent aux effets bénéfiques chez l'Homme. De nombreux efforts de recherche ont été entrepris pour examiner l'importance médicale des composants bioactifs, qui présentent une variété de fonctions biologiques, y compris, des effets antimicrobiens, anti-inflammatoires et antioxydants. Les différentes activités biologiques de *Moringa oleifera* sont présentées dans tableau VI (Azlan *et al.*, 2022).

Tableau VI : Les activités biologiques du *Moringa oleifera*

Activité biologique	Référence
Activité antioxydante	(Sharma <i>et al.</i> , 2011)
Activité anti-microbienne	(Caceres <i>et al.</i> , 1991)
Antifongique, anti-inflammatoire et diurétique	(Cáceres <i>et al.</i> , 1992)
Antitumorale	(Bennette <i>et al.</i> , 2003; Paliwal <i>et al.</i> , 2011)
Anti-cancérigène	(Bharali <i>et al.</i> , 2003)

II.2.4. Utilisations alimentaires et industrielles

Les feuilles de *Moringa* ont une gamme polyvalente d'applications culinaires. Elles peuvent être consommés frais ou sous forme de poudre et peuvent être associés à des épices, comme le piment. Elles peuvent également être utilisées dans des salades ou des soupes. Les jeunes gousses vertes peuvent être bouillies et consommées de la même manière que les haricots. De plus, les graines, lorsqu'elles sont séchées et réduites en poudre, peuvent être utilisées comme assaisonnement savoureux dans les sauces. Les fleurs peuvent également être consommées comme crudités dans une salade. L'huile de *Moringa Oleifera* est couramment utilisée en cuisine comme huile végétale comestible. De plus, il est également fréquemment utilisé comme huile de cuisson (Gopalakrishnan *et al.*, 2016).

Le potentiel de *Moringa Oleifera* est aussi important en tant que ressource précieuse pour l'alimentation du bétail en raison de sa teneur élevée en nutriments et en composés

II. Généralités sur Zizyphus lotus, Moringa oleifera, Salvia hispanica

bioactifs. Les feuilles, les graines et l'écorce de l'arbre sont facilement consommées par le bétail comme les bovins, les moutons et les chèvres en tant que composants clés de leur alimentation (**Manjula et al., 2011**).

Elle trouve également une application dans l'industrie des parfums et des cosmétiques en raison de ses propriétés bénéfiques. De plus, le bois de cet arbre est très apprécié dans l'industrie de la fabrication du papier car il sert de matériau de pâte à papier exceptionnel (**Mohammadpour et al., 2019**).

Une fois les nutriments de haute valeur extraits, l'huile de *Moringa Oleifera* a le potentiel d'être transformée en biodiesel. Ce qui distingue ce biodiesel, c'est son indice de cétane particulièrement élevé. La recherche sur les propriétés physico-chimiques du biodiesel à base d'huile de *Moringa Oleifera* indique qu'il peut être utilisé comme source de carburant viable dans les moteurs (**Bichi, 2013**).

Outre ses autres capacités, *Moringa Oleifera* est également employé dans la purification du lait et du miel grâce à l'utilisation de ses graines. Cela est dû à la présence de composés phytohormonaux similaires à la cytokinine dans la plante. Cette plante particulière a le potentiel de fonctionner comme un engrais naturel, qui peut effectivement améliorer la croissance des arbres et augmenter les rendements des plantes (**Okuda et al., 2001**).

II.3. *Salvia hispanica*

La famille des Lamiacées abrite une plante herbacée annuelle (*Salvia hispanica* L) dont sont issues les graines comestibles de Chia.

En raison de leurs propriétés nutritionnelles et de leur valeur médicinale, ils ont acquis une importance considérable et sont désormais considérés comme un super aliment (**Jamboonsri et al., 2012**).

II.3.1. Classification botanique

La classification de graines de chia est la suivante (tableau VII)

II. Généralités sur Zizyphus lotus, Moringa oleifera, Salvia hispanica

Tableau VII : Classification de la *Salvia hispanica* L (Muñoz *et al.*, 2013).

Règne	Plante
Sous –règne	Tracheobiontes
Division	Magnolophytes
Classe	Magnolopside
Sous-classe	Asteridae
Ordre	Llamiales
Famille	Lamiacées
Genre	Salvia
Especie	<i>Salvia hispanica</i> L

II.3.2.Composition chimique des grains de chia

De nombreuses études indiquent que les graines de chia sont composées de macronutriments et de micronutriments essentiels (Katunzi-Kilewela *et al.*, 2021).

Selon Monroy-Torres *et al.* (2008), les protéines sont les macronutriments les plus répandus, représentant 19,6 % du total. Il est largement considéré comme une excellente source de ce nutriment particulier. Ils possèdent un potentiel immense pour prévenir et guérir la malnutrition protéino-énergétique. Ils sont composés de graisses de haute qualité qui contiennent un profil d'acides gras de 34,4 %. De plus, ils sont riches en oméga-3, oméga-6 et oméga-9, représentant 62 %, 17,4 % et 10,5 % des lipides totaux. Le principal acide gras présent est l'acide α -linoléique (ω -3), qui représente plus de 60 % des acides gras polyinsaturés (AGPI).

Les graines de chia contiennent une variété de nutriments essentiels, dont environ 20 % d'acide linoléique (ω -6), des cendres, des glucides (26-41 %) et des fibres (23,7 %). De plus, les graines de chia sont une riche source d'une multitude de vitamines et de minéraux tels que la vitamine A, la vitamine C, la niacine, le calcium, le phosphore, le potassium et le magnésium (allant de 335 à 860 mg/100 g), ainsi que le sodium, fer et zinc (4,58-16 mg/100 g) (Coelho *et al.*, 2014 ; Nowsheeba *et al.*, 2021). Ces graines contiennent également une

II. Généralités sur Zizyphus lotus, Moringa oleifera, Salvia hispanica

quantité importante de composés bioactifs, tels que des fibres alimentaires et des composés phénoliques, connus pour leurs propriétés antioxydantes (**Pellegrini et al., 2017**).

Tableau VIII: Composition chimique des graines de *Salvia hispanica* L (**Shrestha et al., 2022**).

Nutriments	Valeurs (pour 100g)
Énergie	486 Kcal
Humidité	7.14g
Protéines	18.18 g
Lipides	32.16 g
Carbohydrates (Glucides)	4.59 g
Fibres	33.37 g
Minéraux	4.1 g

II.3.2.1. Teneur en fibres et en glucides

Selon **Valdivia-López et Tecante (2015)**, les graines de *S. hispanica* contiennent environ 26 à 41 % de glucides en poids.

Les graines de chia sont une excellente source de fibres, avec une gamme de 34 à 40 g de fibres alimentaires par portion de 100 grammes. Les composés phytochimiques présents dans les graines de chia classent les fibres alimentaires en deux catégories : les fibres insolubles, qui constituent la majorité à environ 85-90 %, et les fibres solubles, qui représentent environ 7-15 % (**Wambua Nyingi et Mburu, 2021**).

Les fibres alimentaires solubles de chia produisent un gel transparent et visqueux appelé mucilage de graines de chia (MC) (**Bustamante et al., 2020**). Lorsque de l'eau est ajoutée aux graines de chia, elle produit du mucilage de chia, qui est une source précieuse de fibres solubles. De plus, ce mucilage possède des propriétés émulsifiantes remarquables (**Fernandes et al., 2019**).

II.3.2.2. Teneur en Composés phénoliques

Les graines de chia sont connues pour leur capacité exceptionnelle à lutter contre le stress oxydatif, grâce à la large gamme de métabolites secondaires qu'elles contiennent, comme les composés phénoliques (**Rahman et al., 2017**).

II. Généralités sur Zizyphus lotus, Moringa oleifera, Salvia hispanica

Selon les résultats de recherche de **Knez Hrnčič *et al.* (2020)**, plusieurs composés ont été identifiés comme existant à des niveaux élevés, notamment l'acide caféique, l'acide chlorogénique, la quercétine, l'acide rosmarinique, gallique, cinnamique, la myricétine et le kaempférol. De plus, des concentrations moindres d'isoflavones, spécifiquement la daidzéine, la glycitéine et la génistéine, ont également été trouvées

II.3.3. Activités biologiques

Les polyphénols présents dans les graines de chia sont des composés antioxydants qui protègent le corps des radicaux libres, du vieillissement et du cancer (**De Falco *et al.*, 2017**). De plus, la majorité des flavonoïdes présents dans les graines de chia possèdent des propriétés anti-cancérigènes, anti-hypersensibles et de protection neuronale (**Wambua Nyingi *et Mburu*, 2021**).

II.3.4. Application industrielle des graines de chia

L'industrie alimentaire a connu une augmentation de l'utilisation des graines de chia ces derniers temps, en raison de leurs remarquables avantages nutritionnels et médicaux. (**Mordor Intelligence, 2022**).

Les graines de chia peuvent être utilisées sous diverses formes dans l'industrie alimentaire (**Knez Hrnčič *et al.*, 2019**).

Les graines de chia servent de complément polyvalent qui peut être incorporé dans divers aliments tels que les céréales, les pâtes et les biscuits. Grâce à leurs propriétés hydrophiles, ils peuvent également être utilisés comme substituts des œufs et des graisses. Il est à noter que ces graines ont la capacité d'absorber de l'eau jusqu'à 12 fois leur propre poids. L'une des nombreuses utilisations du gel de chia est de remplacer l'huile ou les œufs lors de la cuisson. (**Knez Hrnčič *et al.*, 2019**).

En raison de sa grande capacité de rétention d'eau et de sa viscosité, le mucilage de chia a le potentiel de servir d'ingrédient polyvalent dans l'industrie alimentaire. Il peut agir comme stabilisateur de mousse, agent de suspension, émulsifiant, adhésif ou liant. Des recherches récentes ont indiqué que le mucilage des graines de chia peut également servir de revêtement fonctionnel efficace avec des propriétés fonctionnelles supérieures (**Knez Hrnčič *et al.*, 2019**).

II. Généralités sur Zizyphus lotus, Moringa oleifera, Salvia hispanica

Selon une étude menée par **Dick *et al.* (2015)**, le mucilage dérivé des graines de chia est devenu une nouvelle source de polysaccharides. Cette découverte suggère qu'il pourrait servir de composant prometteur pour créer des mélanges de polymères qui sont utilisés dans la production d'enrobages et de films comestibles pour remplacer les emballages synthétiques.

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre I

Matériel et méthodes

I. Matériel et méthodes

I.1. Matériel végétale

Le matériel végétal utilisé dans notre étude est constitué des feuilles du *Zizyphus lotus* et les graines de chia (*Salvia hispanica*) achetées chez un herboriste de la wilaya de Bouira, ainsi que les feuilles de *Moringa oleifera*, récoltées dans la région de Tamanrasset au mois de février 2023.

I.1.1. Préparation du matériel végétal

➤ Séchage

Après récolte, les feuilles de *Moringa oleifera* ont été bien nettoyées, débarrassés des particules et de la poussière. Ensuite, elles ont été séchées dans un espace couvert (à l'abri du soleil) et à température ambiante dans un endroit sec et ventilé durant 5 jours. Les autres échantillons ont été achetés secs.

➤ Broyage et tamisage

Les feuilles sèches sont réduites en poudre très fine à l'aide d'un broyeur électrique. Une fois broyées, les poudres obtenues sont tamisées à l'aide d'un tamis et conservées dans des flacons en verre hermétiquement fermés dans un endroit sec jusqu'à utilisation.

Les graines de chia ont été conservées sans broyage.

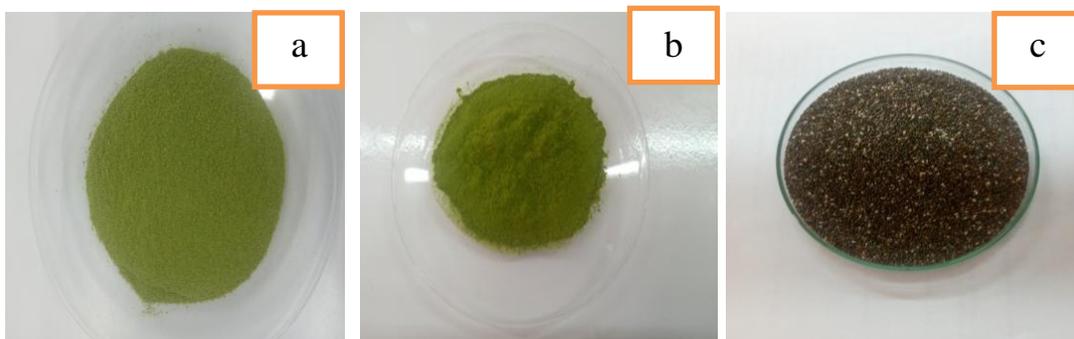


Figure 01: Photographie des poudres de feuilles de *Zizyphus lotus* (a) et de *Moringa oleifera* (b) après broyage et tamisage, et graines de chia (c) (Original, 2023).

I.2. Caractérisation physico-chimiques de *Zizyphus lotus* et *Moringa oleifera*

I.2.1. Détermination de la teneur en eau

La teneur en eau a été déterminée par dessiccation d'échantillon dans une étuve à une température de 105°C, jusqu'à l'obtention d'un poids stable (Audigie *et al.*, 1980).

I. Matériel et méthodes

➤ Mode opératoire

Les capsules vides sont séchées dans une étuve à 105°C pendant 15min, puis sont placées dans un dessiccateur pour qu'elles refroidissent puis elles sont pesées. Une masse de 2g de poudre de *Zizyphus lotus* et *Moringa oleifera* sont placés dans les capsules puis séchés dans une étuve à 105°C. Après 24h de séchage, les échantillons sont mis dans un dessiccateur puis pesés. L'opération est répétée chaque 24h jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

➤ Expression des résultats

La teneur en eau est déterminée selon la relation suivante :

$$H(\%) = (M1 - M2) / P \cdot 100$$

Soit

- **H%** : Humidité.
- **M1** : Masse en g de la capsule + échantillon avant séchage.
- **M2** : Masse en g de l'ensemble après étuvage.
- **P** : Masse en g de la prise d'essai.

La teneur en matière sèche est déterminée selon la relation suivante :

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

I.2.2. Détermination du pH

Une quantité de 2 g de chaque échantillon est placée dans un bécher contenant 100ml d'eau distillée. Le mélange est chauffé pendant 30 minutes puis filtré. Le pH du filtrat est mesuré après le refroidissement avec un pH-mètre, selon la technique **NFV05-108 (Afnor., 1982)**.

I.2.3. Détermination du taux de cendres (NF V05-113, 1972)

➤ Principe

Les poudres de *Zizyphus lotus* et *Moringa oleifera* sont calcinées dans un four à moufle à 550°C, jusqu'à formation d'une cendre blanchâtre de poids constant (**Laurent, 1991**).

I. Matériel et méthodes

➤ **Mode opératoire**

2 g de chaque poudre sont placés dans des capsules (M1), puis mises dans un four à moufle à 550°C pendant 5 heures jusqu'à l'apparition d'une couleur grise, claire ou blanchâtre, après refroidissement les capsules sont pesées (M2).

➤ **Expression des résultats**

$$\text{MO}\% = (M_1 - M_2) / p \times 100$$

- MO% : matière organique.
- M1 : masse en g de la capsule contenant la prise d'essai avant l'incinération.
- M2 : masse en g de la capsule avec les cendres.
- P : masse en g de la prise d'essai.

La teneur en cendre est déterminée comme suit :

$$\text{Cendre \%} = 100 - \text{MO}\%$$

I.3.Extraction et dosage des composés phénoliques

I.3.1.Extraction

L'objectif du processus d'extraction implique la ségrégation de molécules d'intérêt spécifiques à partir de la matrice végétale.

Cette étape est cruciale car elle détermine la qualité et la quantité des composés extraits, ce qui, à son tour, affecte la réalisation des étapes suivantes telles que l'analyse, l'isolement et l'identification des composants bioactifs (**Abcha, 2020**).

Afin d'extraire les principes actifs des plantes étudiées, deux techniques d'extraction ont été employées.

➤ **Extraction assistée par ultrason**

L'extraction assistée par ultrasons est une méthode efficace pour la récupération de composés bioactifs et phénoliques à partir des plantes végétales dans une courte période (**Orphanides et al., 2014**).

I. Matériel et méthodes

Le processus d'extraction assistée par ultrasons (UAE) a été réalisé à l'aide d'un bain à ultrasons selon la méthode d'Oomah *et al.* (2010) avec quelques modifications. Les paramètres spécifiques d'extraction ont été fixés comme suit : une durée de 120 minutes et une température de 40°C. Pour cela :

4 grammes de poudre de feuilles sont mélangés avec 160 millilitres d'éthanol (70%), le mélange est placé dans un bain à ultrasons pendant une durée de 120 minutes. Les extraits de deux plantes sont ensuite filtrés à l'aide d'un papier filtre, et les filtrats résultants sont soumis à un processus d'évaporation à 40°C dans une étuve ventilé pour éliminer l'éthanol. L'extrait sec obtenu est ensuite stocké dans un endroit sec, à l'abri de la lumière jusqu'à utilisation.

➤ **Extraction par Macération**

Le processus de macération consiste à laisser la poudre de matière végétale rester en contact avec un solvant pendant une période prolongée. Cela permet d'extraire les composants actifs à température ambiante, ce qui est avantageux pour conserver les substances sensibles à la chaleur (Bouchouka, 2016).

La méthode d'extraction par macération a été réalisée selon la technique rapportée par Oomah *et al.* (2010). Pour cela,

4 g de poudre de feuilles de *Moringa oleifera* et *Zizyphus lotus* ont été macérés dans 160 ml de l'éthanol (70 %). Après une agitation pendant 2h à température ambiante, les extraits de deux plantes sont filtrés à l'aide d'un papier filtre, Les filtrats obtenu sont débarrassés de l'éthanol par évaporation à 40°C dans une étuve ventilée, les extraits sec obtenus ont été conservés au sec à l'abri de la lumière jusqu'à utilisation.

I.3.1.2.Rendement d'extraction

Le rendement d'extraction est déterminé selon la formule suivante :

$$\mathbf{R\% = [(m-m_0)/m T].100}$$

- R% : rendement d'extrait en pourcentage.
- m : masse de ballon après évaporation.
- m₀ : masse de ballon vide.
- m_T : masse totale de la poudre utilisée dans l'extraction.

I. Matériel et méthodes

I.3.2. Dosage des composés phénoliques

I.3.2.1. Dosage des phénols totaux solubles

➤ Principe

Le dosage des polyphénols totaux a été réalisé par la méthode de Folin –ciocalteu décrite par **Singleton et Rossi (1965)** rapportée par **Skerget et al. (2005)**, Le réactif de Folin –ciocalteu est constitué par un mélange d'acide phospho-tungstène ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phospho-molybdène ($H_3PMO_{12}O_{40}$) de couleur jaune, Lorsque les polyphénols subissent une oxydation, ils réduisent le réactif Folin-Ciocalteu en un complexe qui a une couleur bleue constitué d'oxyde de tungstène et de molybdène. L'intensité de la couleur est directement proportionnelle aux taux des composés phénoliques oxydés (**Lapornik et al., 2005**).

➤ Mode opératoire

500 ul d'extrait sont mélangés avec 2.5 ml du réactif de Folin-Ciocalteu puis additionnés de 2ml de carbonate de sodium (7,5%). Après 5 minutes d'incubation au bain marie à 50°C, l'absorbance est mesurée à 760nm. .

La teneur en composés phénoliques est exprimée en mg équivalent d'acide gallique par gramme de MS d'échantillon, par référence à une courbe d'étalonnage obtenue avec de l'acide gallique utilisé comme standard (figure 1, annexe3).

I.3.2.2. Dosage des flavonoïdes

➤ Principes

La quantité de flavonoïdes contenue dans les extraits de feuilles de *Zizyphus lotus* et *Moringa oliefera* a été déterminée selon la méthode colorimétrique de **Lamaison et Carnat (1990)**.

Cette méthode est basée sur la capacité des flavonoïdes à se complexer avec le chlorure d'aluminium (Na_2CO_3), les flavonoïdes possèdent un groupement hydroxyle (OH) libre, en position 5 qui est susceptible de donner avec le groupement CO, un complexe coloré avec le chlorure d'aluminium (**Saadoudi, 2019**). Il résulte de cette réaction une coloration jaunâtre avec maximum d'absorption à 430nm.

➤ Mode opératoire

Mélanger 1 ml de chaque extrait avec 1 ml de la solution méthanolique de chlorure d'aluminium hydrate $AlCl_3$, agiter vigoureusement les tubes et incubé à température

I. Matériel et méthodes

ambiante dans l'obscurité pendant 15 min. Après incubation, l'absorbance est mesurée à 430 nm.

La teneur en flavonoïdes est déterminée par référence à une courbe d'étalonnage obtenue avec de la Quercétine utilisée comme standard (figure 2, annexe 3). Les résultats sont exprimés en mg équivalent de Quercétine par gramme de matière sèche (mg EqQ/gMS).

I.4. Activité antioxydant des extraits de *Zizyphus lotus* et *Moringa Oleifera*

L'activité antioxydante des extraits étudiés est évaluée au moyen de deux tests : Effet scavenger du radical DPPH et le pouvoir réducteur du fer.

I.4.1. Evaluation de L'activité anti-radicalaire du DPPH

L'activité anti-radicalaire du DPPH (diphényl picryl hydrazyl) des extraits phénoliques déterminée selon la méthode décrite par **Brand Williams *et al.* (1995)**, elle est basée sur la capacité des antioxydants à piéger le radical 2,2-diphényle-1-picrylhydrazyl (DPPH), ce dernier est réduit en diphényl picryl hydrazine non radical en acceptant un atome hydrogène, plus la perte de la couleur violet est élevée plus le donneur hydrogène est considéré comme un antioxydant fort.

La concentration en extrait brut permettant d'inhiber 50 % du DPPH (IC50) est déterminée au moyen d'une série de dilutions de l'extrait ; pour cela

50µl de chaque dilution sont ajoutés à 1,95ml de la solution méthanolique de DPPH fraîchement préparée, Après incubation de 30 min à l'obscurité et à température ambiante, les absorbances sont mesurées à 515 nm.

L'estimation de l'activité antioxydante de nos extraits en utilisant la méthode DPPH est exprimée en pourcentage d'inhibition selon l'équation suivante :

$$\text{Pourcentage d' inhibition} = \frac{[(\text{Abs contrôle} - \text{Abs échantillon}) / \text{Abs contrôle}] \times 100}{}$$

Abs contrôle : absorbance du contrôle.

Abs échantillon : absorbance en présence des extraits phénoliques.

I.4.2. Pouvoir réducteur ferrique

Le pouvoir réducteur des extraits de feuilles de deux plantes étudiées est déterminé selon la méthode **d'Oyaizu (1986)**. Elle repose sur la réduction du fer ferrique Fe^{3+} en Fe^{2+} en

I. Matériel et méthodes

fer ferreux Fe^{2+} en présence d'un agent chromogène le ferricyanure de potassium $K_3Fe(CN)_6$.

Mode opératoire

100 μ l d'extrait à différentes concentrations est mélangé avec 250 μ l d'une solution tampon phosphate 0,2 M (pH 6,6) et 250 μ l d'une solution aqueuse de ferricyanure de potassium $K_3Fe(CN)_6$ à 1%. Après l'incubation de l'ensemble au bain-marie pendant 20 min à une température de 50°C, 850 μ l d'eau distillée et 170 μ l d'une solution aqueuse de $FeCl_3$ et 250 μ l d'une solution aqueuse d'acide trichloracétique (TCA à 10), sont ajoutés, L'absorbance est lue à 700nm.

I.5. Emballage actif biodégradable

I.5.1. L'extraction du mucilage

L'extraction du mucilage a été réalisée comme décrit par **Muñoz *et al.* (2012)**. Des échantillons d'environ 20 g de graines de chia ont été placés dans un bécher de 1 litre, un volume de 800ml est ajouté. La dispersion a été agitée avec un agitateur magnétique à la température ambiante pendant 2 h. Ensuite, après la filtration le gel obtenue a été séchée à 50°C pendant 10 h dans une étuve ventilée et la poudre de mucilage sèche est récupérée et conserver dans des flacons dans endroit sec.

I.5.1.1. Rendement d'extraction

Afin de déterminer l'efficacité du procédé d'extraction, le rendement d'extraction est calculé selon la formule suivante (**Zhang *et al.*, 2007**) :

$$R\% = M / M_0 \times 100$$

Avec :

- R% : rendement d'extraction %,
- M : masse de l'extrait sec de mucilage (g),
- M₀ : masse de graines utilisée (g).

I.5.2. Préparation des biofilms

Deux types de biofilms ont été étudiés ; un biofilm à base d'amidon (temoin) et un deuxième biofilm 50% amidon et 50% mucilages extrait à partir des graines de chia.

I. Matériel et méthodes

Pour l'élaboration de ces biofilm nous avons le glycérol comme plastifiants la procédure de préparation a été effectuée selon la méthode de **Tafa et al. (2023)**.

Introduire dans un bécher 1,5g d'amidon (biofilm à base d'amidon) ou 0,75g de mucilages secs et 0,75g d'amidon (biofilm 50% amidon et 50% mucilages de graines de chia) et 2 ml plastifiant (glycérol) puis mélanger avec 45 ml d'eau distillée. Mettre le mélange sur une plaque chauffante agitatrice jusqu'à ce qu'il devient translucide puis refroidir à température ambiante et ajouter 0,5 ml de l'extrait à une concentration de 0,2g/ml (*zizyphus lotus* ou *Moringa oleifera*) contre un blanc dépourvu de l'extrait.

I.5.3. Activité antioxydante des biofilms

I.5.3.1. Mesure de l'activité de piégeage des radicaux libres DPPH

Le procédé consiste à mesurer la capacité des biofilms préparés à piéger les radicaux libres DPPH par la méthode décrite par **Brand Williams et al. (1995)** avec quelques modifications.

Les résultats de l'activité antioxydante des biofilms sont exprimés en pourcentage d'inhibition selon l'équation suivante :

$$\text{Pourcentage d' inhibition} = [(\text{Abs contrôle} - \text{Abs échantillon}) / \text{Abs contrôle}] \times 100$$

- Abs contrôle : absorbance du contrôle.
- Abs échantillon : absorbance en présence des extraits phénoliques

I.5.3.2. Application de l'emballage dans la conservation de la viande fraîche hachée

Le développement de l'oxydation lipidique d'une viande crue emballée avec les biofilms préparer avec l'extrait de *Zizyphus lotus* et *Moringa oleifera* est suivi au moyen de la méthode TBARS (substances réactives à l'acide thiobarbiturique).

➤ Préparation et emballage de la viande

Une série de 12 boites de Pétri contenant chacune 10g de viande hachée est préparer.

- ❖ 3 boites sont recouvertes de biofilm contenant l'extrait de *Moringa Oleifera*.
- ❖ 3 boites sont recouvertes de biofilm contenant l'extrait de *Zizyphus lotus*.
- ❖ 3 boites sont recouvertes de film témoin dépourvu de l'extrait.

I. Matériel et méthodes

- ❖ 3 boîtes sont recouvertes de biofilm commercial de plastique.

Les boîtes sont réparties en 3 groupes selon le temps de conservation de la viande (0, 5, 8 jour), chaque groupe contient 4 boîtes recouvertes de biofilm (contient l'extrait de *Moringa oleifera* et *Zizyphus lotus*) et de biofilm sans extrait et film commercial. Les boîtes sont conservées à 4 °C pendant une semaine. Pour chacun de ces temps de conservation, quatre emballages sont ouverts et le test TBARS est réalisé.

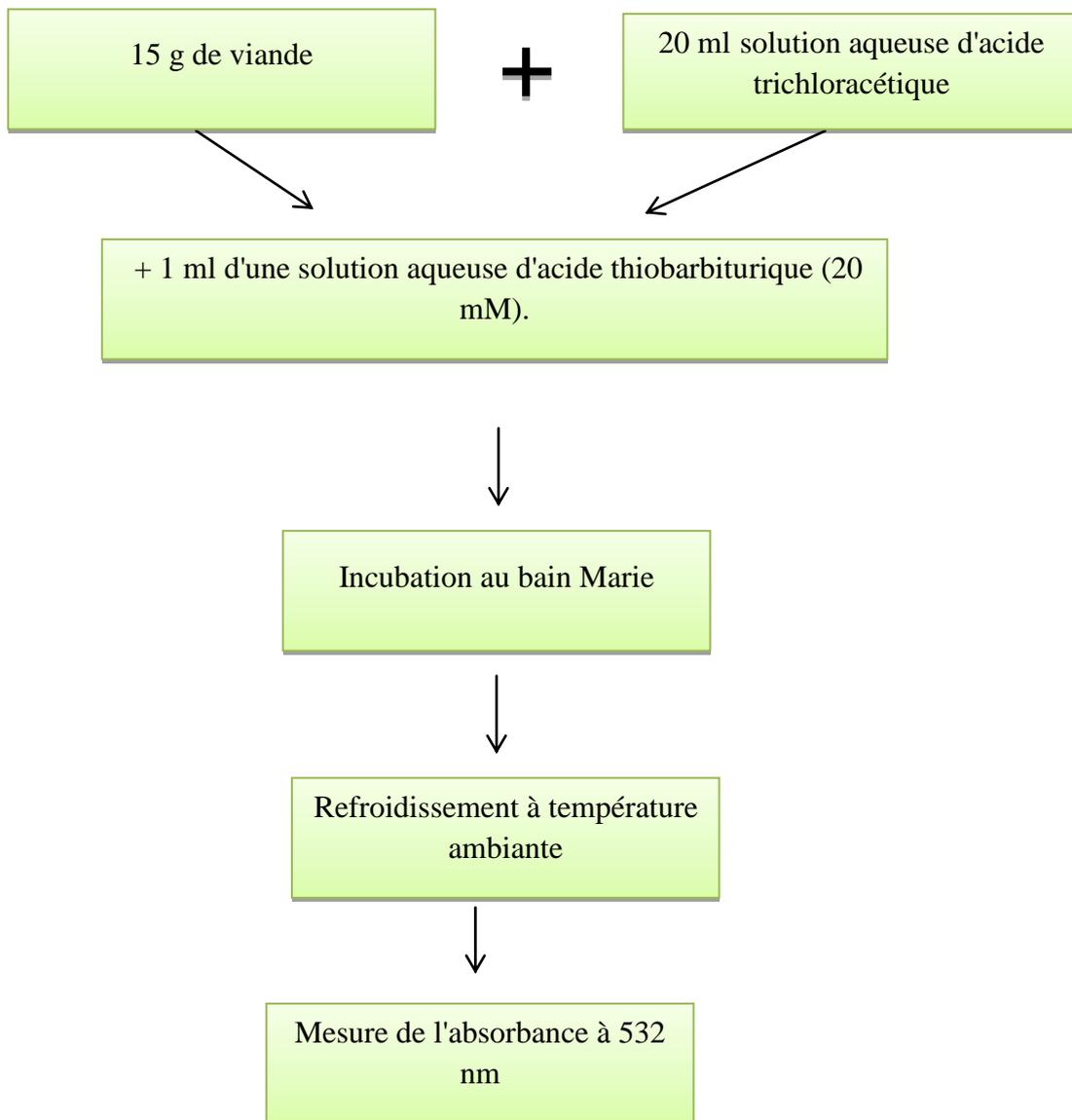


Figure 02: Schéma de dosage de substances réactives à l'acide thiobarbiturique (TBARS) (Pfalzgraf *et al.*, 1995).

Les valeurs de TBARS sont exprimées en milligrammes équivalent de malondialdéhyde par gramme de viande.

I. Matériel et méthodes

I.5.4. Application des solutions filmogènes comme bioemballages des cerises

I.5.4.1. Préparation des solutions d'enrobage

Les solutions filmogènes utilisés pour élaboration des biofilms (50% amidon, 50% mucilage) sont utilisées comme solution d'enrobage.

I.5.4.2. Enrobage des cerises

Des cerises fraîches de même calibre, non altérées et non abîmées sont lavées à l'eau avec de quelques gouttes de vinaigre, puis pesées et trempées dans une solution d'enrobage filmogène avec ou sans extrait phénolique (3 cerises /solution) pendant 1 minutes, puis l'excès d'enrobage a été égoutté. Les cerises enrobées ont été séchées à 20 °C pendant 30 min. Le témoin est trempée seulement dans de l'eau distillée (3 cerises) (**Del-Valle et al., 2015**).



Figure 03 : Enrobage des cerises dans les solutions filmogènes (**Originale, 2023**).

Les cerises ont été conservées à froid dans un réfrigérateur à 5°C pendant 12 jours.

I.5.4.3. Effet de l'enrobage sur le poids

Le poids initial (avant l'enrobage) et final des cerises après la période de conservation, a été mesurés pour chaque groupe (**AOAC, 2000**).

I.5.4.4. Effet de l'enrobage sur l'apparence de cerises

Après la période de stockage, l'aspect visuel (la couleur, l'apparence, la texture) de chaque groupe de cerises a été examiné.

Résultats et discussions

II.1. Caractérisation physico-chimiques de *Ziziphus lotus* et *Moringa oleifera*

Les paramètres physicochimiques qui ont été mesurés sont : La teneur en eau, pH, taux de cendres.

II.1.1. La teneur en eau

Afin d'exprimer les teneurs en composés phénoliques par rapport au poids sec, la teneur en eau des feuilles de *Ziziphus lotus* et *Moringa oleifera* est déterminée.

Tableau IX : La teneur en eau et en matière sèche de *Ziziphus lotus* et *Moringa oleifera*

Paramètres	<i>Zizyphus lotus</i>	<i>Moringa oleifera</i>
Teneur en eau (%)	11± 1	11,5± 0,70
Matière sèche (%)	89	88,5

Les résultats obtenus montrent que les feuilles du *Zizyphus lotus* et *Moringa Oleifra* ont un taux d'humidité de 11 ± 1 % et $11,5 \pm 0,70$ % respectivement, à partir de ces valeurs nous avons déterminé le pourcentage en matière sèche qui est : 89 % et 88,5%.

Il est difficile de comparer les résultats de la teneur en eau d'une matière végétale séchée avec ceux de la bibliographie, car la teneur en eau est variée d'une matière à une autre selon la technique de séchage et les conditions et la durée de stockage.

II.1.2.pH

Le pH indique le caractère neutre ou acide ou basique d'une solution. Est l'un des paramètres qui détermine l'aptitude des aliments à la conservation, il constitue l'un des principaux facteurs qui affectent le développement des microorganismes, un pH de l'ordre de 3 à 6 est favorable au développement des champignons (**Doukani et Tabak, 2015**).

Les résultats obtenus montrent que la poudre de feuilles du *Zizyphus lotus* analysée est légèrement acide avec une valeur de pH de $5,82 \pm 0,045$, cette valeur est proche à celle trouvée par **Mohd Jailani et al. (2020)** dans leur étude réalisée sur les feuilles du *Zizyphus mauritianade*, ils ont trouvé un ph de 5.47 ± 0.01 .

Concernant les feuilles de *Moringa oleifera*, la valeur de ph obtenue est $6,12 \pm 0,005$, **Houndji et al. (2013)** ont obtenu une valeur de ph de $7,8 \pm 0,17$, Cette variation de pH peut être due aux variétés de plantes, le type et le pH de sol.

II.1.3. La teneur en cendre

La teneur en cendres est la quantité totale des sels minéraux présents dans les produits.

Les résultats obtenus du taux de cendres de *Zizyphus lotus* et *Moringa Oleifera* sont présentés sur la figure 04.

D'après les résultats, les feuilles de *Zizyphus lotus* contiennent $7,58 \pm 0,025\%$ de cendres c'est valeurs sont comparatives aux valeurs trouvées chez d'autres variétés du même genre. **Renu et al. (2019)** dans leur étude réalisée sur les feuilles du *Zizyphus jujuba Lam* de la variété Badara ont montré que le taux cendre est $7,53\%$; qui est proche à celle trouvée dans notre étude.

Concernant les feuilles de *Moringa Oliefera*, les résultats obtenus montrent que cette plante est plus riche en cendres avec un taux de $12,33 \pm 0,049\%$. Ce résultat est supérieur à celui rapporté par **Sultan (2020)** dans leur étude sur les feuilles de *Moringa oleifera* collectées dans deux zones écologiques différentes ($8,05\%$, $10,38\%$). aussi avec les résultats déjà publiés sur la même plante par **Kamran et al. (2020)** avec $7,93\%$, et par **Houndjib et al. (2013)** avec $2,38 \pm 0,06\%$. Ces variations de cendres peuvent être dues aux plusieurs facteurs.

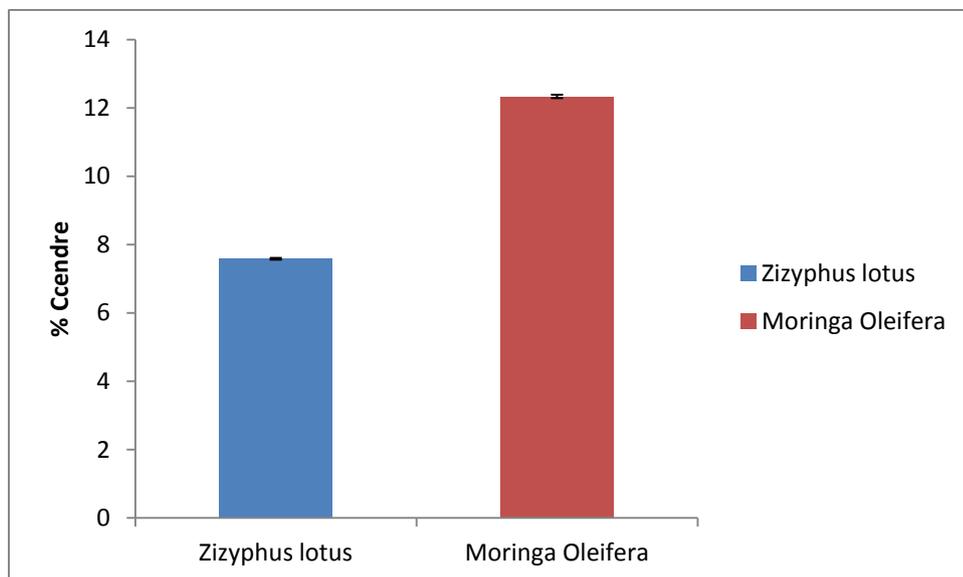


Figure 04 : Taux de cendres de *Zizyphus lotus* et *Moringa oleifera*

II.2.Rendement et dosage des composés phénolique

II.2.1.Rendement

Afin de préparer les extraits éthanoliques à partir de *Zizyphus lotus* et *Moringa Oleifera*, deux méthodes d'extraction ont été utilisées qui sont la macération et l'extraction assistée par ultrasons (EAU).

En utilisant l'éthanol comme un solvant d'extraction. Le choix de l'utilisation d'éthanol est dû à l'avantage d'être plus facilement éliminé par évaporation afin de concentrer l'extrait.

Le rendement (l'extrait sec) d'extrait phénolique obtenu après évaporation de l'éthanol, a été déterminé par rapport à 4 g de la matière végétale (poudre de feuilles sèches).

Les résultats de rendement d'extraction ont été exprimés en pourcentage ils sont représentés dans le tableau X.

Tableau X : Rendements d'extraction des composés phénoliques à partir de poudre de feuilles de deux plantes (*Zizyphus lotus* et *Moringa oleifera*) par les deux méthodes utilisées

la plante	Méthode d'extraction	Rendement (%)
<i>Zizyphus lotus</i>	Macération	28,65
	ultrason	37,55
<i>Moringa Oleifera</i>	Macération	36,34
	ultrason	36,79

Les résultats obtenus montrent que le rendement des extraits de poudres *Zizyphus lotus* et *Moringa Oleifera* varient d'une plante à une autre, et en fonction de technique d'extraction utilisée.

Bien que les deux techniques d'extraction présentent des rendements intéressants, le rendement en extraits obtenus par (EAU) chez *Zizyphus lotus* est plus important en comparaison avec celui issu de macération. Les résultats obtenus dans cette étude sont en accord avec ceux mentionnés par **Oroian et al. (2020)** qui ont comparé l'efficacité d'extraction assistée par ultrasons, micro-ondes et macération pour les plantes médicinales, et

ont montré que l'extraction assistée aux ultrasons donne le meilleur rendement en composés phénoliques.

Un rendement important est obtenu par les extraits des chaque plantes. Les valeurs sont de 37,55% (EAU), 28,65% (Macération) pour *Zizyphus lotus*, et de 36,79% (EAU) et 36,34% (macération) pour *Moringa oleifera*.

L'extrait de la poudre des feuilles de *Zizyphus lotus* issu de l'extraction assistée par ultrasons (EAU) donne le meilleur rendement avec 37,55%.

Le faible rendement est obtenu par l'extrait de *Zizyphus lotus* (extraction par macération) avec 28,65%.

Selon **Letaief et al. (2021)** le rendement de l'extrait éthanolique et aqueux, l'extrait de dichlorométhane et l'extrait d'éther de pétrole de feuilles de *zizyphus lotus* donne un résultat de 9,32 % et 15,10%, 2,80% et 4.20 %, respectivement. Ces rendements sont faibles par rapport à notre rendement.

D'après **Letaief et al. (2021)** le rendement de l'extrait éthanolique de racine de *Zizyphus lotus* est 5.58%. Cette valeur est faible par rapport à notre rendement.

Le rendement de l'extrait du *Moringa oleifera* obtenu par **Sy et al. (2018)** est 14,14%, ce rendement est inférieur au rendement obtenu dans la présente étude.

La différence de résultats de rendement entre nos extraits et ceux obtenus par les autres auteurs peut être due aux plusieurs facteurs telles que les méthodes d'extraction et le solvant d'extraction et les conditions de stockage (**Ghalem, 2014**).

II.2.2.Dosage des composées phénoliques

La quantification des polyphénols dans les extraits de plantes est considérée comme la première étape de l'évaluation de la capacité antioxydante de ces extraits (**Saidi, 2019**).

Dans ce cadre, nos extraits ont été caractérisés quantitativement par spectrophotométrie pour déterminer leur teneur en phénols totaux et en flavonoïdes. Les concentrations en phénols totaux et en flavonoïdes ont été déterminées par référence aux courbes d'étalonnages avec les deux étalons l'acide gallique ($y = 7,639 + 0,115x$, $R^2 = 0,995$) et la quercétine ($y = 4,1259x$, $R^2 = 0,996$) (Annexe 3).

Les concentrations sont exprimées en (mg EAG /g de MS d'échantillon) pour les phénols totaux, en (mg EQ /g de MS d'échantillon) pour les flavonoïdes.

II.2.2.1. Dosage des phénols totaux solubles

Les résultats du dosage des phénols totaux à partir de différents extraits de *Zizyphus lotus* et *Moringa oleifera* obtenus par différentes méthodes d'extraction sont représentés dans la figure 05.

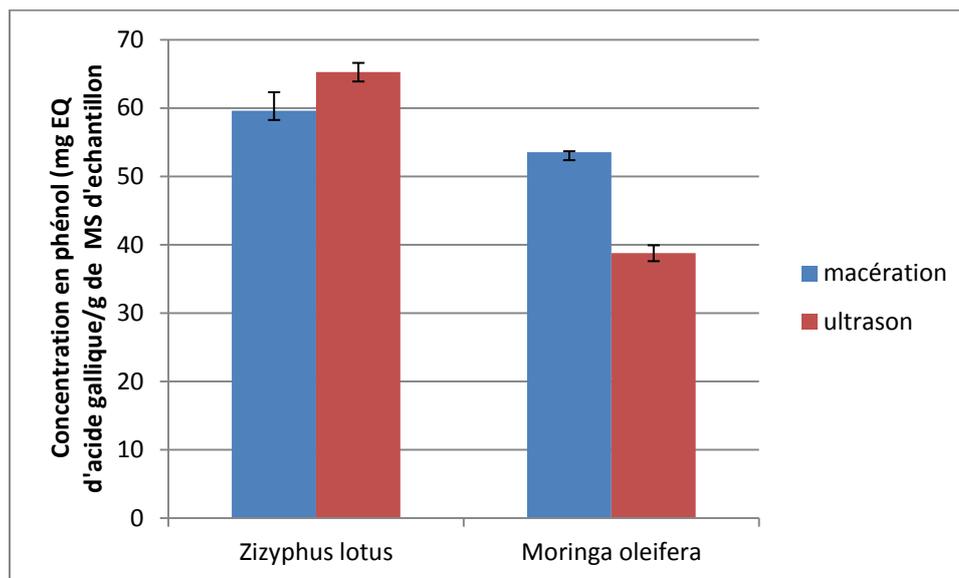


Figure 05: Teneur en phénols totaux de différents extraits

L'analyse des résultats obtenus dans la figure 15 montrant que les extraits de *Zizyphus lotus* et *Moringa oleifera* possèdent des teneurs en phénols totaux intéressantes et différentes selon la méthode d'extraction.

Les valeurs les plus élevées ont été détectées pour *Zizyphus lotus* avec une teneur de 64,22mg EAG/g de MS (extraction assistée aux ultrasons) et 58,7 mg EAG/g de MS (extraction par macération), suivi l'extrait de *Moringa Oleifera* avec 51,5 mg EAG/g de MS (extraction par macération) et 37,93 mg EAG/g de MS (extraction assistée aux ultrasons).

Bekkar et al. (2020) ont trouvé des concentrations en polyphénol de $233,5 \pm 0,16$ mg EAG/g poids sec, $233,5 \pm 0,43$ mg EAG/g poids sec, pour l'extrait ME et l'extrait AQ de *Z.lotus* respectivement. Ces concentrations sont supérieures à celles trouvées dans notre étude

Les résultats obtenus dans notre étude sont inférieurs à ceux enregistrés par **El-Khateeb et al. (2013)** sur une autre variété du même genre (*Ziziphus spina-christi*) qui ont noté une teneur de 147,47 mg EAG/g de polyphénol totaux

La teneur en phénols totaux enregistrée par **Dhibi et al. (2022)** des extraits de feuilles de *zizyphus lotus* est $468,57 \pm 56$ mg GAE/g de poids sec, cette teneur est plus élevée par rapport aux teneurs retrouvées dans notre étude.

Ces résultats concordent avec des études indiquant que les extraits de feuilles de *Ziziphus lotus* présentaient une teneur en polyphénols totaux élevée.

Concernant la teneur en polyphénols du *Moringa oleifera*, en comparant les teneurs des extraits aux travaux de **Younis et al. (2022)**, qui ont trouvé une valeur de 82,75 mg EAG/g sur l'extrait éthanolique de *Moringa oliefera* ; Et en comparant avec les résultats obtenus par **Dhibi et al. (2022)** qui ont trouvé une teneur de $245,23 \pm 59$ mg GAE/g de poids sec ; la teneur en phénols totaux de nos extrais est moins importante.

Peñalver et al. (2020) ont trouvé dans l'extrait de *M.oleifera*, une concentration en polyphénol de $32,90 \pm 4,38$ mg EAG/g, Cette valeur est inférieure aux valeurs obtenues dans notre étude.

II.2.2.2. Dosage des flavonoïdes :

La figure 06 illustre la variabilité de teneurs en flavonoïdes de nos différents extraits.

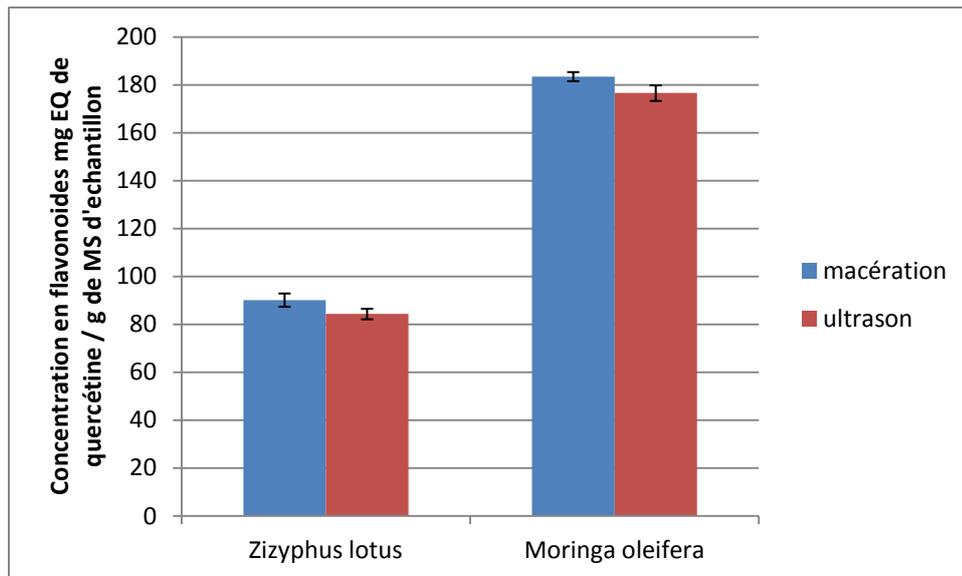


Figure 06 : Teneur en flavonoïdes de différents extraits

Selon la figure 06, il apparaît que les extraits de *Moringa oleifera* ont enregistré le taux le plus élevé en flavonoïdes avec une teneur 181,4 mg EQ/ g MS (extraction par macération) et 175,5 mg EAG/g de MS (EAU), par rapport à l'extrait de *Zizyphus lotus* 91,13 mg EQ/g de MS (macération) et 82,32mg EQ/g de MS (EAU).

D'après ces résultats, nous notons que la teneur en flavonoïde la plus élevée pour chaque plante est enregistrée par les extraits obtenus avec extraction par macération.

Les résultats obtenus dans la présente étude sont proches à ceux enregistrés par **Khouchlaa et al. (2017)** sur les feuilles de *Zizyphus Lotus*, ont noté également une teneur en flavonoïdes de 104,12 (mg EQ/g MS d'échantillon).

Les extraits de *Zizyphus Lotus* apparaissent plus riches en flavonoïdes par comparaison avec les résultats obtenus par **El-Khateeb et al. (2013)** dans l'extrait éthanolique de feuilles de *Zizyphus spina-christi* (16,35 mg EQ /g).

La teneur en flavonoïdes des extraits de *Z.lotus* est proche à celle obtenue par **Dhibi et al. (2022)** qui ont trouvé une teneur de $96 \pm 1,25$ EQ/g MS dans les extraits de feuilles de *Zizyphus lotus*

La teneur en flavonoïdes obtenue par **Younis et al. (2022)** de l'extrait éthanolique des feuilles de *Moringa oleifera* est 36,98 mg EQ/g, et par **Udofia et al. (2020)** de l'extrait

méthanolique est 1.12 ± 0.20 mg EQ/100 g MS environ de 11,2 mg EQ /g MS, Ces valeurs sont inférieures aux valeurs obtenues dans notre étude. **Dhibi et al. (2022)** ont montré également une faible teneur en flavonoïdes $2,93 \pm 0,03$ EQ/g poids sec.

Les résultats de la présente étude ont été montrés la présence de phénols totaux et flavonoïdes dans tous les extraits testés. D'après les résultats on peut confirmer la richesse de *Z. lotus* et *M. oleifera* en phénols totaux et en flavonoïdes, et la variabilité de la teneur de ces biomolécules selon la méthode d'extraction.

Les résultats montrent que *Zizyphus lotus* est plus riche en phénols totaux que *Moringa oleifera*, et *Moringa oleifera* plus riche en flavonoïdes que *Zizyphus lotus*. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par **Dhibi et al. (2022)** lors de leur étude comparative entre la richesse en composés phénoliques et l'activité antioxydante de *Zizyphus lotus* et *Moringa oleifera*

Borgie et Chouchane (2009), Abdoul-Azize (2016) confirment nos résultats que *Zizyphus lotus* contient des molécules biologiquement actives telles que polyphénols et les flavonoïdes avec des quantités élevées.

Les variations de la teneur en composés phénoliques (phénols totaux et flavonoïdes) dans les extraits de plantes étudiées avec celles retrouvées par d'autres auteurs, pourraient être dues à l'origine de plantes et les conditions environnementales (**Ebrahimi et al., 2008**), les conditions de stockage, le degré de maturation (**Ebrahimi, 2008 ; Khouchlaa et al., 2017**), d'autres facteurs peuvent également influencer sur la teneur de ces composés bioactifs telles que les conditions environnementales et climatiques, l'âge de la plante et le type de sol (**Abdoul-Azize, 2016**).

II.3.Évaluation de l'activité antioxydante des extraits de *Zizyphus Lotus* et *Moringa oleifera*

Dans la présente étude les méthodes appliquées: sont la méthode de piégeage du radical libre (DPPH) et la méthode de la réduction du fer (FRAP).

II.3.1.Évaluation de L'activité anti-radicalaire du DPPH

Le test de piégeage des radicaux libres DPPH (IC50) a été utilisé pour évaluer l'activité antioxydante de l'extrait de feuilles de *Zizyphus lotus* et *Moringa oleifera*.

La concentration inhibitrice IC₅₀ est inversement proportionnelle à la capacité antioxydante du composé testé, et elle représente la quantité d'antioxydant nécessaire pour réduire la concentration de radicaux libres de 50 %. Plus la valeur IC₅₀ est petite, plus l'activité antioxydante du composé est plus élevée.

Les valeurs de IC₅₀ des extraits sont représentées dans le tableau XI

Tableau XI: Les résultats d'IC₅₀ des extraits de feuilles de *Z.lotus* et *M. oleifera* obtenus par différents méthodes d'extraction sont présentés dans le tableau :

la plante	Méthode d'extraction	IC 50
<i>Zizyphus lotus</i>	Macération	0,519
	Ultrason	0,61
<i>Moringa Oleifera</i>	Macération	1,09
	Ultrason	2,15

Les extraits de deux plantes étudiées montrent une activité inhibitrice intéressante.

Les résultats obtenus dans notre étude sont en accord avec les résultats trouvés par **Bencheikh et al. (2023)** sur les feuilles de *Z. lotus* avec une IC₅₀ de 0,70 mg/ml et supérieurs à ceux enregistrés par **Bekkar et al. (2020)** qui ont trouvé une IC₅₀ plus faible (0,146 mg/ml), et inférieurs à ceux enregistrés par **Letaief et al. (2021)** qui ont trouvé une IC₅₀ de 0,37 mg/ml.

Les extraits de *Z.lotus* ont montré une forte activité de piégeage des radicaux libre par rapport aux extraits obtenus par **Dhibi et al. (2020)** qui ont trouvé une IC₅₀ de 1,28 ± 0,13 mg/ml.

Les valeurs de l'activité anti-radicalaire des extraits de *Moringa oleifera* enregistrées dans notre étude sont supérieures à celles rapportés par **Segwatibe et al. (2023)** pour l'extrait éthanolique (IC₅₀ = 0,435 mg/ml), et inférieures à celles rapportés par **Dhibi et al. (2020)** (2,67 ± 0,05mg/ml).

D'après les résultats, on constate que l'extrait de *Z.lotus* possède une forte capacité de piégeage de radicaux libres par rapport à l'extrait de *M.oleifera*. Nos résultats étaient en

accord avec celui publiés par **Dhibi et al. (2020)** qui ont montré que les feuilles de *Z.lotus* ont une forte capacité de piégeage des radicaux libre que celle de *M.oleifera*.

II.3.2.Pouvoir réducteur de fer (FRAP):

Le pouvoir réducteur de l'extrait a été estimé par une concentration efficace (IC50) de 50%, correspondant à une absorbance égale à 0,5.

Les concentrations d'IC50 sont représentées dans le tableau XII.

Tableau XII: Pouvoir réducteur IC50 des extraits des feuilles du *Moringa oleifera* et *Zizyphus lotus* obtenus par deux méthode d'extraction.

Plante	Méthode d'extraction	Pouvoir réducteur du fer (IC50) (mg/ml)
<i>Zizyphus lotus</i>	Macération	0,22
	Ultrason	0,24
<i>Moringa Oleifera</i>	Macération	0,44
	Ultrason	0,05

Nos résultats sont en accord avec ceux trouvés par **Segwatibe et al. (2023)** qui ont montré que l'extrait éthanolique des feuilles du *Moringa Oleifera* ont un pouvoir réducteur de fer élevé (0,249mg/ ml).

D'après les résultats, on constate que les extraits de feuilles de *Z.lotus* et l'extrait de *M.oleifera* possèdent des capacités de réduction de fer importantes.

L'activité antioxydante est corrélée à la teneur en composés phénoliques des deux plantes, On peut expliquer l'activité antioxydante forte des composés phénoliques par leur capacité à capturer et piéger les radicaux libres et complexer les métaux (fer) (**Habibou et al., 2019**).

Après l'analyse des résultats d'évolution quantitatif de composés phénoliques et l'activité antioxydante de nos extraits au moyen de deux test (FRAP) et (DPPH), on constate que les feuilles de *Zyziphus lotus* et *Moringa oleifera* présentent des teneurs en polyphénols intéressant, et une forte activité de piégeage des radicaux libres du DPPH et une forte capacité

de réduction du fer. Ce que confirme l'utilisation très fréquente des feuilles de *Zizyphus lotus* et *Moringa oleifera* en médecine traditionnelle.

II.4. Emballage actif biodégradable

II.4.1. Rendement d'extraction de mucilages graines de chia

Le rendement des mucilages après séchage, a été déterminé par rapport à 20 g de graines de chia (*Salvia hispanica*).

Le rendement d'extraction est : 4,8%, est inférieur du rendement de 6,9% obtenu par **Salazar Vega et al. (2020)** Cette différence peut être due à la méthode d'extraction.

II.4.2. Caractérisation des biofilms

❖ Biofilm à base d'amidon

Les biofilms obtenus sont transparent (Figure 07) avec une surface lisse uniforme élastique, facile à démouler de la boîte de pétrie après séchage.

❖ Biofilm (50% amidon et 50% mucilages de graines de chia)

Les biofilms obtenus sont transparent (figure 08) avec une surface lisse uniforme, sont fragile mais facile à démouler de la boîte de pétrie après le séchage.

II.4.3. Activité antioxydante des biofilms

Des procédés de conditionnement alimentaire de nouvelle génération ont été spécialement développés pour augmenter leur fonctionnalité en ajoutant des composés bioactifs naturels tels que les antioxydants, ces approches peuvent aider à prolonger la durée de conservation des aliments. Il peut avoir un effet positif sur la santé aux consommateurs lorsque le potentiel/la teneur en antioxydants des produits frais a été amélioré ou est sauvé **Yahyaoui (2020)**.

La principale caractéristique d'un emballage est son activité antioxydante, car il protège le produit alimentaire et prolonge la durée de conservation du produit (**Ali et al., 2023**).

II.4.3.1. Evaluation de L'activité anti-radicalaire du DPPH des biofilms actifs

L'activité antioxydante des biofilms développés à base d'amidon et à base de polysaccharides et l'amidon est mesurée par la méthode de DPPH.

❖ Biofilms à base d'amidon

L'activité anti radicalaire du DPPH des biofilms sont exprimés en pourcentage de piégeage des radicaux libres (%) (Figure 09).

Les résultats de l'activité antioxydante des biofilms par la méthode de piégeage des radicaux DPPH, ont révélé que tous les biofilms ont indiqué une activité élevée de piégeage des radicaux de DPPH, ce qui confirme qu'ils ont des propriétés antioxydantes.

Les meilleurs résultats d'inhibition du radical DPPH ont été enregistrés par les biofilms à base des extraits du *Z.lotus* (ultrason) et *M.oleifera* (macération) avec 86,3 % et 87 respectivement.

Le biofilm contenant de l'extrait du *Z.lotus* obtenu par ultrason présente une activité antioxydante élevée, qui est à l'ordre de 89 par rapport à celle du biofilm contenant d'extrait obtenu par macération 81,46

Dans une étude portée par **Ju et al. (2019)**, les films à base d'amidon de blé khorasan Incorporés de l'extrait des feuilles de *M.oleifera* à différentes concentrations ont montré une activité antioxydante de piégeage des radicaux de DPPH, ont également signalé que le potentiel antioxydant de films biodégradables est proportionnel à la teneur en phénols totaux, lorsque la concentration de l'extrait est augmentée, qui est de 15,25 % \pm 3,52 et 37,89 % \pm 2,47 pour des concentrations de 0,4% et 1% respectivement.

❖ Les biofilms (50% amidon et 50% mucilages de graines de chia).

D'après les résultats, on constate que les biofilms contenant les extraits présentent une activité antioxydante élevée.

Les biofilms contenant l'extrait du *Z.lotus* présentent une activité antioxydante élevée,

Après la comparaison de résultats de l'activité antioxydante des biofilms (à base d'amidon) et les biofilms (50% Amidon 50% mucilages de graines de chia) on remarque que les deux types de biofilms sont actifs et possèdent une activité antioxydante importante.

Le pourcentage d'inhibition de DPPH des biofilms actifs ((à base d'amidon et les biofilms (50% d'amidon et 50% de mucilage)) additionnées différents extraits de *M.oleifera* et *Z.lotus* est supérieur à celui obtenu précédemment avec les films bioactifs de chitosan additionnés de l'extrait de menthe poivrée (à différents concentrations) par Carnaval *et al.*(2022): 2,5 % d'extrait ($23,04\pm 6,03\%$), avec 5% d'extrait ($54,36\pm 2,06\%$), avec 10% d'extrait ($72,26\pm 0,68\%$), avec 25% d'extrait ($82,69\pm 1,69\%$).

Les chercheurs relient cette capacité antioxydante à la teneur en polyphénols et en flavonoïdes des extraits et suggèrent que les films développés pourraient être utiles pour inhiber l'oxydation et prolonger la durée de conservation des aliments (**Muñoz-Tebar *et al.*, 2023**).

II.4.3.2. Application de l'emballage dans la conservation de la viande fraîche hachée

TBARS est un indicateur de l'activité d'oxydation des lipides (AGI), C'est l'un des tests les plus utilisés pour quantifier le malondialdéhyde (MDA) produit par la dégradation des graisses, (**Dasgupta *et Klein*, 2014**).

Le dosage TBARS consiste en une réaction entre l'acide thiobarbiturique (TBA) et le (MDA), produite à haute température (95°C) (**Jerónimo *et Alves*, 2022**).

L'évolution des teneurs en malondialdéhyde (MDA) de différents échantillons (viande emballées avec différents films (à base d'amidon) et pendant une semaine de conservation à 4°C

L'évolution de la teneur en MDA lors de la conservation des échantillons de la viande emballée peut être divisée en deux phases (Figure 15).

Du 1 au 5ème jour : .On remarque que la teneur en MDA est augmentée dans nos échantillons de viande emballée.

La teneur en MDA la plus élevée est enregistrée dans les échantillons de viande emballée avec le film commercial et le biofilm (sans extrait), avec une teneur de 0,43µg MDA/g et 0,43µg MDA/g respectivement, contre une teneur de 0,27µg MDA/g et 0,12µg MDA/g pour les échantillons de viande emballée avec le biofilm actif (extrait de *Moringa oleifera*) et le biofilm actif (extrait de *Zizyphus lotus*) respectivement.

Du 5^j au 8^{ème} jour : la teneur en MDA des échantillons emblés avec le film commercial et biofilm (sans extrait), reste la plus élevée avec une teneur de 0,55µg MDA/g et 0,44µg MDA/g respectivement, contre une teneur de 0,39 µg MDA/g et 0,25µg MDA/g pour les échantillons de viande emballée avec le biofilm actif (extrait de *Moringa Oleifera*) et le biofilm actif (extrait de *Zizyphus lotus*) respectivement.

Nous notons que la teneur en MDA de l'échantillon de la viande emballée avec le film commerciale est plus élevée par rapport aux autres échantillons, et la teneur en MDA de la viande emballée avec biofilm actif (extrait de *Moringa oleifera*) est plus importante que celle emballée avec biofilm actif (extrait de *Zizyphus lotus*).

La différence entre l'effet antioxydant de film commercial (plastique) et biofilm (sans extrait) à base de l'amidon peut être due aux propriétés des matériaux constituent les films. Le biofilm (sans extrait) à base d'amidon protégé mieux la viande de l'oxydation des lipides avec une teneur en MDA de 0,43µg MDA/g contre 0,55µg MDA/g pour la viande emballée avec film commercial.

Les biofilms à base d'amidon possèdent des propriétés barrières élevées contre l'oxygène et sont très efficaces comme emballage comestible (**Agarwal et al., 2023**).

La différence entre l'effet antioxydant de biofilm actif incorporé d'extrait *M.oleifera* et *Z. lotus* pourrait être due à la différence quantitatif des composés phénoliques entre les extrais de deux plantes. D'après nos résultats l'extrait de *Z. lotus* (Macération) est plus riche en phénols totaux que l'extrait de *M.Oleifera* (Macération).

Les résultats révèlent que les biofilms actifs protègent la viande de l'oxydation des lipides, L'incorporation des extraits phénolique des plantes médicinale dans les biofilms pourrait être efficace pour limiter l'oxydation des lipides dans la viande pendant le stockage.

Les biofilms contenant des extraits de plantes médicinales montrent des résultats positifs et prometteurs pour protéger les denrées alimentaires de l'oxydation et ont un bon potentiel antioxydant pour améliorer la sécurité des aliments et des produits alimentaires.

D'après les résultats obtenus, on constate que les biofilms sont très actifs ; possèdent une activité antioxydante forte de piégeage des radicaux libre et limitation des réactions d'oxydation des lipides. Cette propriété est corrélée aux extraits phénoliques incorporés dans les biofilms qui possèdent des propriétés antioxydantes importantes.

II.4.4.Enrobage des cerises

II.4.4.1.Effet de l'enrobage sur le poids de cerises

Les cerises fraîches sont des fruits de haute valeur nutritionnelle, dont la durée de conservation est limitée (Mujtaba *et al.*, 2023), ce qui diminue sa disponibilité sur le marché.

La présente étude a été réalisée pour évaluer l'effet d'enrobage par des solutions filmogène à base de mucilages de graines de chia et d'amidon incorporées des extraits de feuilles du *M.oleifera* et *Zizyphus lotus* sur le poids de cerises.

La perte du poids des cerises enrobées dans les solutions filmogènes incorporées ou non d'extrait (obtenu par macération) de feuilles de *Zizyphus lotus* et *Moringa oleifera* après 12 jours de conservation à 4°C est représentée dans la Figure suivante.

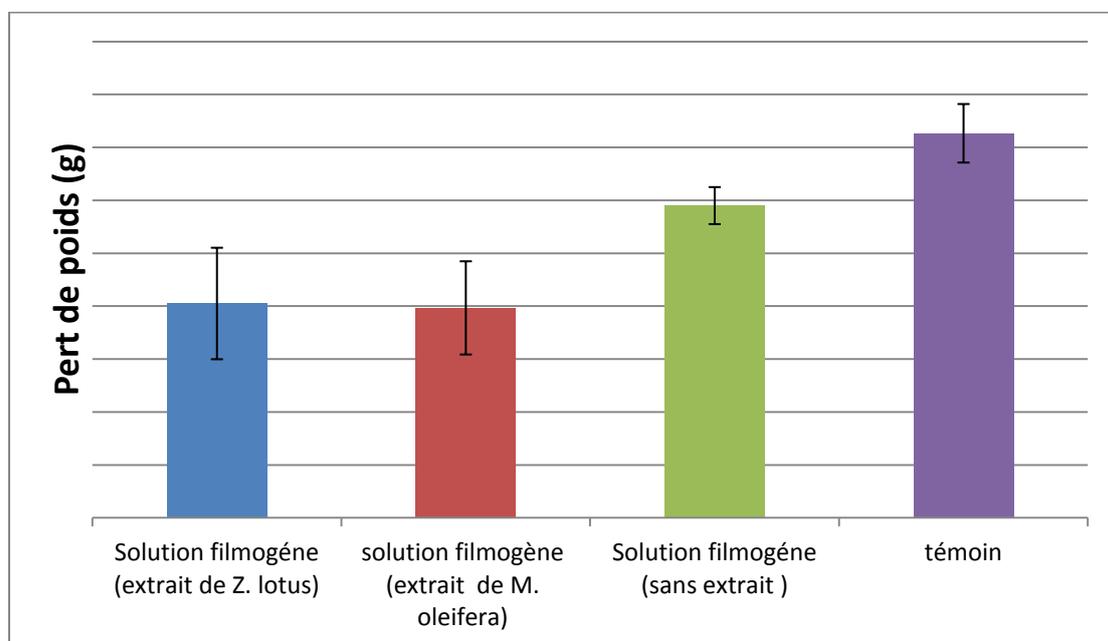


Figure 12: La perte du poids des cerises enrobées après 12 jours de conservation 4°C.

Les résultats montrent que les cerises trempées dans les différentes solutions d'enrobage, ont perdu moins de poids que les cerises trempées seulement dans l'eau distillée.

On constate que l'enrobage dans la solution contenant d'extrait du *Moringa oleifera* était le plus efficace, suivi de celui d'extrait de *Zizyphus lotus*

Les cerises enrobées par la solution dépourvue d'extrait, ont subi une diminution de poids. Cette perte était plus importante que celle enrobées par les biofilms actifs.

Mujtaba et al. (2023) ont également remarqué que les cerises enrobées d'une solution filmogène de chitosan et de mucilage de graines de chia présentent une perte de poids plus faible d'environ 3,28% par rapport aux cerises non enrobées, qui avaient une perte de poids de 9,14 %.

Plusieurs études montrent que les emballages à base de polysaccharides offrent une protection pour les aliments. **Mohamed et al. (2020)** ont publié que l'enrobage des raisins avec l'amidon limite la perte de poids et améliorer l'apparence.

Des études fait par (**Tokathı et Demirdöven, (2020)** ont montré que la perte d'eau est l'une des causes principales de perte de poids de cerises, dans le cas où la pression de vapeur d'eau dans le fruit est plus élevée que la pression de vapeur d'eau dans l'aire ; l'eau sortira de la cerise dans l'air ambiant.

II.4.4.2.Effet de l'enrobage sur l'apparence de cerises

L'aspect de cerises enrobée ou non par différents solutions d'enrobage après 12 jours de conservation à 4°C est présenté dans la figure 13.

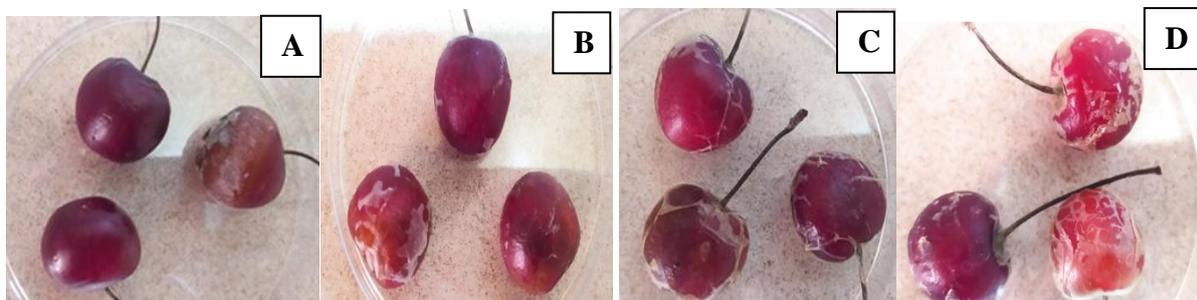


Figure 13: Les cerises testé après 12 jours de conservation (A) : cerises non enrobées, (B) enrobées par solution filmogène sans extraits, (C) enrobées par solution (Z.lotus), (D) : enrobées par solution (M.oleifera) (**Originale, 2023**).

Une différence dans l'apparence, la couleur et la texture entre les différents groupes de cerises est remarquée.

Les cerises enrobées dans une solution filmogène ont conservé la couleur et un bon aspect et une bonne texture, tandis que les cerises non enrobées présentent un mauvais aspect avec des taches brunes et blanches remarquable sur la surface, en plus un changement plus intense de couleur de 3 cerises, et une texture altérée.

L'utilisation de revêtements biopolymères s'est avérée être une méthode efficace pour préserver les propriétés chimiques et sensorielles des fruits et légumes. Ces revêtements ont la capacité de retenir efficacement de nombreux nutriments essentiels pendant des périodes de stockage prolongées. **(Mohamed et al., 2020).**

La pratique consiste à utiliser un enrobage comestible pour préserver la qualité des fruits a gagné en popularité ces derniers temps. Cette technique est efficace pour réduire le taux de respiration et de transpiration, ralentissant ainsi le processus de maturation.

La solution d'enrobage forme une couche semi-perméable à la surface de cerises, et une condition atmosphérique modifiée peut être créée, l'enrobage agit en diminuant la perméabilité du fruit à l'oxygène, au CO₂ et à la vapeur d'eau **(Hu et Feng, 2022)**

Les antioxydants d'origine naturelle tels que les polyphénols permettent de limiter l'oxydation (brunissement) des fruits et légumes et rancissement des lipides **(Moudache, 2017).**

Nous concluons que l'enrobage avec les polysaccharides offre un effet protecteur efficace des propriétés optiques et réduit la perte de poids de cerises. L'enrobage des cerises avec des solutions contiennent les extraits de *Z.lotus* et *M.oleifera* est très efficaces pour prévenir la perte de poids et augmentation de leur durée de conservation, L'addition de composés phénoliques naturels dans matériaux d'emballage biosourcés, fournissent un moyen innovant qui améliore la sécurité et la durée de stockage de produits alimentaires **(Benbettaïeb et al., 2018).**

Conclusion générale et perspectives

Conclusion générale et perspectives

La présente étude portée sur l'évaluation des propriétés et l'activité antioxydante de feuilles de *Zizyphus lotus* et *Moringa oleifera*, et incorporation des extraits de chaque plante dans des emballages comestibles et biodégradables appliqués à la conservation de la viande hachée et les cerises.

Le rendement d'extraction révèle que l'extraction assistée par ultrasons (EAU) est meilleure méthode d'extraction des composés phénoliques, le meilleur rendement est obtenu par *Zizyphus lotus* suivi *Moringa oleifera*

L'analyse quantitative des composés phénoliques des extraits de feuilles de *Zizyphus lotus* et *Moringa oleifera* montre que l'extrait de chaque plante est riche en phénols totaux et en flavonoïdes, la meilleur teneur en phénols totaux est présentée dans les extraits de *Zizyphus lotus*, alors que la meilleur teneur en flavonoïdes présentée dans les extraits de *Moringa oleifera*

Les résultats du l'évolution de l'activité antioxydante des extraits au moyen de deux test FRAP et DPPH ont clairement montré que nos extraits présentent une activité antioxydante forte. Une forte activité de piégeage de radicaux libres DPPH est enregistrée dans l'extrait (macération) de *Zizyphus lotus*, alors qu'une forte activité réductrice de fer est enregistrée dans l'extrait (EAU) de *Moringa oleifera*.

L'addition d'extraits de feuilles de *Zizyphus lotus* et *Moringa oleifera* dans les deux types de biofilms (à base d'amidon) et (50% amidon 50% mucilages de graines de chia) donne un effet antioxydant important, en effet les biofilms manifestent la meilleure activité de piégeage des radicaux libre (DPPH).

Les biofilms actifs incorporés des extraits phénoliques réduisant le processus d'oxydation de lipides de la viande hachée pendant la période de conservation. Les résultats de TBARS montrent une élévation des teneurs en MDA dans le biofilms dépourvus de l'extrait qui est limité par la présence d'extrait dans les biofilms

L'enrobage des cerises par des solutions à base d'amidon et mucilages de chia incorporées d'extraits de *Zizyphus lotus* et *Moringa oleifera* ont minimisé la perte de leur poids. Les résultats d'évolution de perte de poids de 4 groupes de cerises conservées à 4°C pendant 12 jours montrent que les cerises enrobées par solutions renforcée par les extraits de *Zizyphus lotus* et *Moringa oleifera* perdent un poids moins important. Les cerises enrobées

Conclusion générale et perspectives

avec la solution filmogène de polysaccharides dépourvue de l'extrait sont également conservées mieux que le témoin, Ces résultats confirment les propriétés barrière contre l'oxygène et l'imperméabilité des polysaccharides.

A partir de cette étude, on constate que les polysaccharides sont des biopolymères idéal pour la formulation de matériaux d'emballage pour la conservation des aliments. L'emballage actif à base de composés antioxydants naturels est très efficace pour protéger la viande contre l'oxydation et préserver la qualité des cerises.

Perspectives

Le manque de moyen et de temps pour bien développer ce sujet intéressant qui s'inscrit dans le cadre d'un projet de recherche portant sur l'ajout de l'extrait de feuilles de *Ziziphus lotus* et *Moringa oleifera* aux emballages comestibles biodégradables, donc en perspective on propose de :

- Continuer le travail avec des biofilms comestible à base de polysaccharides renforcés par les extraits de plantes médicinales, et application à la conservation de produits Alimentaires.
- Il en sera indispensable de mener une étude de la biodégradation (environnementale) ainsi que l'activité microbienne des biofilms développés.
- Application de l'emballage comestible au conditionnement d'autres produits alimentaires.
- L'incorporation d'autres additifs naturels pour améliorer les propriétés mécaniques, barrières des biofilms comestibles.
- Il apparait indispensable de compléter l'étude avec d'autres techniques de caractérisations : mécaniques, humidité, perméabilité...etc.

Références bibliographiques



Références bibliographique

Références bibliographiques

-A-

Abcha, I. (2020). Etude du potentiel biopharmaceutique et nutraceutique de deux plantes médicinales et comestibles de la Tunisie: *Rhus tripartita* L. et *Zizyphus lotus* Thèse de doctorat .spécialité agroalimentaire. Ecole Doctorale Sciences et Techniques de L’Agriculture et de l’Environnement. Tunisie. p111-127.

Abdeddaim, M. (2016). Etude de la composition biochimique des fruits de cinq espèces végétales présentes dans la région des aurès en vue de leur utilisation alimentaire ou pharmacologique (*Celtis australis* L, *Crataegus azarolus* L, *Crataegus monogyna* J, *Elaeagnus angustifolia* L, et *Zizyphus lotus* L) .thèse de doctorat en biochimie. Université Ferhat Abbas Sétif 1.p130.

Abdoul-Azize, S. (2016). Potential Benefits of Jujube (*Zizyphus Lotus* L.) Bioactive Compounds for Nutrition and Health. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2016, 1–13.

AFNOR. (1982). Recueil de normes françaises des produits dérivés des fruits et légumes jus de fruits. Ed. AFNOR, p 325.

Agarwal, A., Shaida, B., Rastogi, M., & Singh, N. B. (2023). Food packaging materials with special reference to biopolymers-properties and applications. *Chemistry Africa*, 6(1), 117-144.

Ahari, H., & Soufiani, S. P. (2021). Smart and Active Food Packaging: Insights in Novel Food Packaging. *Frontiers in microbiology*, 12, 657233.

Ait Ouahioune, L. (2022). Valorisation des co-produits de caroube (*Ceratonia siliqua* L.) : Application dans un emballage actif pour la conservation du saumon (*Salmo salar*).thèse de doctorat. Spécialité Certification et Assurance Qualité dans les Industries Agroalimentaires. Université Mouloud Mammeri .Tizi-Ouzou.p86.

Al Mahdi, R. (2006). Mise au point et caractérisation de films comestibles à base de polysaccharides et de matières grasses .thèse de doctorat. Spécialité : Procédés Biotechnologiques et Alimentaires. Institut National Polytechnique de Lorraine. p158.

Références bibliographique

Ali, A., Basit, A., Hussain, A., Sammi, S., Wali, A., Goksen, G., ... & Manzoor, M. F. (2023). Starch-based environment friendly, edible and antimicrobial films reinforced with medicinal plants. *Frontiers in Nutrition*, 9, 1066337.

Anwar, F., Latif, S., Ashraf, M., & Gilani, AH. (2007). Moringa oleifera: a food plant with multiple medicinal uses. *Phytother. Res.*, 21, 17–25

Association of Official Analytical Chemist "AOAC" (2000). Official Methods of Analysis of AOAC International, 16th edition. AOAC International. Washington, D.C.

Audigie C.L., Figarelle J., & Zons Zani F. (1980). Manipulation d'analyses biochimiques. Ed. Doin. Paris. 88-97.

Azlan, U.K.; Mediani, A.; Rohani, E.R.; Tong, X.; Han, R.; Misnan, N.M.; Jam, F.A.; Bunawan, H.; Sarian, M.N.; & Hamezah, H.S. (2022). A Comprehensive Review with Updated Future Perspectives on the Ethnomedicinal and Pharmacological Aspects of *Moringa oleifera*. *Molecules*, 27, 5765.

-B-

Bali, F. (2012). Mise au point et améliorations des caractéristiques physicochimiques de films de chitosane purs et plastifiés. Mémoire de magistère en Génie de l'environnement. Ecole Nationale Polytechnique. Alger.p64.

Bekkar, N. E. H., Meddah, B., Cakmak, Y. S., & Keskin, B. (2021). Phenolic composition, antioxidant and antimicrobial activities of zizyphus lotus l. and ruta chalepensis l. growing in mascara (Western Algeria). *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*,

Benammar, C., Baghdad, C., Belarbi, M., Subramaniam, S., Hichami, A., & Khan, N. A. (2014). Antidiabetic and antioxidant activities of Zizyphus lotus L aqueous extracts in Wistar rats. *J. Nutr. Food Sci*, 2014, 2-6.

Benbettaïeb, N., Debeaufort, F., & Karbowiak, T. (2018). Bioactive edible films for food applications: Mechanisms of antimicrobial and antioxidant activity. *Critical reviews in food science and nutrition*, 59(21), 3431-3455.

Bencheikh, N., Radi, F. Z., Fakchich, J., Elbouzidi, A., Ouahhoud, S., Ouasti, M., ... & Elachouri, M. (2023). Ethnobotanical, Phytochemical, Toxicological, and Pharmacological

Références bibliographique

Properties of *Ziziphus lotus* (L.) Lam.: A Comprehensive Review. *Pharmaceuticals*, 16(4), 575.

Bennette RN, Mellon FA, Foidl N, Pratt JH, Dupont MS, Perkins L, & Kroon PA. (2003). Profiling glucosinolates and phenolics in vegetative and reproductive tissues of the multi-purpose trees *Moringa oleifera* L. (Horseradish tree) and *Moringa stenopetala* L. *J. Agril Food Chem.* 57:3546-3553.

Bharali R, Tabassum J, & Azad MR. (2003). Chemomodulatory effect of *Moringa oleifera*, Lam on hepatic carcinogen metabolizing enzymes, antioxidant parameters and skin papillomagenesis in mice. *Asian Pacific J Cancer Prev*, 4:131–9.

Bichi, M. H. (2013). A Review of the Applications of *Moringa Oleifera* Seeds Extract in Water Treatment. *Civil and Environmental Research*, 3(8), 1-10.

Borgi, W., Bouraoui A., & Chouchane, N. (2007). Antiulcerogenic activity of *Zizyphus lotus* (L.) extracts. *Journal of Ethnopharmacology*, 112(2), 228–231

Borgi, W., Chouchane, N. (2009). Anti-spasmodic effects of *Zizyphus lotus* (L.) Desf. extracts on isolated rat duodenum. *Journal of Ethnopharmacology*, 126(3), 571-573.

Borgi, W., Ghedira, K., & Chouchane, N. (2007). Antiinflammatory and analgesic activities of *Zizyphus lotus* root barks. *Fitoterapia*, 78(1), 16–19.

Borgi, W., Recio, M.-C., Ríos, J. L., & Chouchane, N. (2008). Anti-inflammatory and analgesic activities of flavonoid and saponin fractions from *Zizyphus lotus* (L.) Lam. *South African Journal of Botany*, 74(2), 320–324.

Bouchouka, E. (2016). Extraction des polyphénols et étude des activités antioxydante et antibactérienne de quelques plantes Sahariennes. Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar, Annaba.p98.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25–30.

Bustamante M., Laurie-Martínez L., Vergara D., Campos-Vega R., & Rubilar M., Shene C. (2020). Effect of Three Polysaccharides (Inulin, and Mucilage from Chia and Flax Seeds) on the Survival of Probiotic Bacteria Encapsulated by Spray Drying. *Applied sciences*, 10(13) : 4623.

Références bibliographique

-C-

Caceres A, Cabrera O, Morales O, Mollinedo P, & Mendia P. (1991). Pharmacological properties of *Moringa oleifera*: preliminary screening for antimicrobial activity. *J.of Ethnopharmacol*, 33(3):213–6

Cáceres A, Saravia A, Rizzo S, Zabala L, De Leon E, & Nave F. (1992). Pharmacologie properties of *Moringa oleifera*. 2: Screening for antispasmodic, antiinflammatory and diuretic activity. *Journal of Ethnopharmacology*; 36: 233-237.

Catoire, C., Zwang, H., & Bouet, C. (1999). Les jujubiers ou le *Ziziphus*. *Fruits oubliés, article du*, (1).

Coelho M.S., & Salas-Mellado M.M. (2014). Chemical Characterization of CHIA (*Salvia hispanica* L.) for Use in Food Products. *Journal of Food and Nutrition Research*, 2(5) : 263-269.

Colak, B. Y. (2014). Utilisation du caséinate de sodium pour la fabrication de films actifs pour l'emballage alimentaire: étude des propriétés barrières aux gaz, de l'activité antimicrobienne et de la biodégradabilité .Thèse de doctorat. Spécialité « Chimie et Sciences des Matériaux ». Saint-Etienne.p181.

-D-

Damaj, Z. (2008). Synthèse, caractérisation et propriétés de nouveaux matériaux actifs absorbeurs d'oxygène: emballages actifs. Thèse de doctorat. Spécialité Chimie. Université de Reims Champagne-Ardenne .p196.

Dasgupta, A., & Klein, K. (2014). Méthodes de mesure du stress oxydatif en laboratoire. Antioxydants dans les aliments, *les vitamines et les suppléments*, 19–40.

De Falco B., Amato M., & Lanzotti V. (2017). Chia seeds products: An overview. *Phytochem. Rev*;16:745–760.

De Kruijf, N., Van Beest, M., Rijk, R., Sipiläinen-Malm, T., Paseiro Losada, P., & De Meulenaer, B. (2002). Active and intelligent packaging: applications and regulatory aspects. *Food Additives and Contaminants*, 19(S1), 144–162.

Références bibliographique

Del-Valle, V., Hernández-Muñoz, P., Guarda, A., & Galotto, M. J. (2005). Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. *Food Chemistry*, 91(4), 751-756.

Dhibi, M., Amri, Z., Bhour, A. M., Hammami, S., & Hammami, M. (2022). Comparative study of the phenolic profile and antioxidant activities of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) and Jujube (*Ziziphus Lotus* Linn.) leaf extracts and their protective effects in frying stability of corn oil. *Measurement: Food*, 7, 100045.

Díaz-Montes, E. (2022). Polysaccharides: Sources, characteristics, properties, and their application in biodegradable films. *Polysaccharides*, 3(3), 480-501.

Dick M., Costa T.M.H., Gomaa A., Subirade M., de Oliveira Rios A., & Flôres S.H. (2015). Edible film production from chia seed mucilage: Effect of glycerol concentration on its physicochemical and mechanical properties. *Carbohydr. Polym.* ;130:198–205.

Djemai Zoughlache ,S. (2009). *Etude de l'activité biologique des extraits du fruit de Zizyphus lotus*. Thème de magister. Option : Biochimie Appliquée. Université El Hadj Lakhdar Batna. p56.

Doukani, K., & Tabak, S. (2015). Profil Physicochimique du fruit "Lendj"(*Arbutus unedo* L.). *Nature & Technology*, (12), 51.

Duda-Chodak, A., Tarko, T., & Petka-Poniatowska, K. (2023). Antimicrobial Compounds in Food Packaging. *International journal of molecular sciences*, 24(3), 2457.

Dutta, D., & Sit, N. (2022). Application of natural extracts as active ingredient in biopolymer based packaging systems. *Journal of Food Science and Technology*, 1-15.

-E-

Ebrahimi, S. N., Hadian, J., Mirjalili, M. H., Sonboli, A., & Yousefzadi, M. (2008). Essential oil composition and antibacterial activity of *Thymus caramanicus* at different phenological stages. *Food chemistry*, 110(4), 927-931.

El-Khateeb, A. Y., Elsherbiny, E. A., Tadros, L. K., Ali, S. M., & Hamed, H. B. (2013). Phytochemical analysis and antifungal activity of fruit leaves extracts on the mycelial growth of fungal plant pathogens. *Journal of Plant Pathology and Microbiology*, 4(9), 1-6.

Références bibliographique

-F-

Fernandes S.S., Coelho M.S., & Salas-Mellado M.M. (2019). Bioactive Compounds as Ingredients of Functional Foods: Polyphenols, Carotenoids, Peptides From Animal and Plant Sources New. *Bioactive Compounds*, 129-142.

-G-

Gaspar, M. C., & Braga, M. E. (2023). Edible films and coatings based on agrifood residues: a new trend in the food packaging research. *Current Opinion in Food Science*, 101006.

Ghalem, m. (2014). Effets antioxydants et anti-inflammatoires des extraits de *Zizyphus lotus* et *Anthyllis vulneraria* .thèse de doctorat. Option : Physiologie et Biochimie de la Nutrition. Université abou bekr belkaid – Tlemcen.pp113

Ghedira, K. (2013). *Zizyphus lotus* (L.) Desf. (Rhamnaceae): jujubier sauvage. *Phytothérapie*, 11(3), 149-53.

Gopalakrishnan, L., Doriya, K., & Kumar, D. S. (2016). *Moringa Oleifera*: A Review on Nutritive Importance and Its Medicinal Application. *Food Science and Human Wellness*, 5(2), 49-56.

-H-

Habibou, H. H., Idrissa, M., Ikhiri Khalid, P., & Benjamin, O. (2019). Activité Antioxydante des Extraits Méthanoliques de Différents Organes de *Detarium microcarpum* Guill. & Perr. *European Scientific Journal*, 15(12), 159-171.

Han, J. H. (Ed.). (2005). Innovations in food packaging. Academic Press.

Hêdji , CC., Kpoguè Gangbazo,DNS., Houinato, M., & Fiogbé, ED. (2014). Valorisation de *Azolla* spp, *Moringa oleifera*, son de riz, et de co-produits de volaille et de poisson en alimentation animale: synthèse bibliographique. *Journal of Applied Biosciences*, 81, P 7277 – 7289.

Houndji, Bvs ., Ouetchehou, R., Londji, Sbm.,Eamouzou, Kss.,Yehouenou, B., & Ahohuendo, Cb. (2013). Caractérisations microbiologiques et physico-chimiques de la

Références bibliographique

poudre de feuilles de *Moringa oleifera* (Lam.), un légume feuille traditionnel au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*,7, p75-85.

Hu, W., & Feng, K. (2022). Effect of edible coating on the quality and antioxidant enzymatic activity of postharvest sweet cherry (*Prunus avium* L.) during storage. *Coatings*, 12(5), 581.

-J-

Jamboonsri W , Phillips , TD , Geneve RL , Cahill , JP , & Hildebrand , DF. (2012). Extending the range of an ancient crop, *Salvia hispanica* L. A new ω 3 source, *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59: 171-178.

Jerónimo, E., & Alves, S. P. (2022). Lipid-derived oxidation products. In *Food Lipids* (pp. 231-253). Academic Press.

Ju A, Baek SK, Kim S, & Song KB. (2019). Development of an antioxidative packaging film based on khorasan wheat starch containing moringa leaf extract. *Food Sci Biotechnol*, 2;28(4):1057-1063.

-K-

Kamran, M., Hussain, S., Abid, M. A., Syed, S. K., Suleman, M., Riaz, M., ... & Qadir, R. (2020). Phytochemical composition of moringa oleifera its nutritional and pharmacological importance. *Postepy Biologii Komorki*, 47(3), 321-334.

Kashyap, P.; Kumar, S.; Riar, C.S.; Jindal, N.; Baniwal, P.; Guine, R.P.F.; Correia, P.M.R.; Mehra, R.; & Kumar, H.(2022). Recent Advances in Drumstick (*Moringa oleifera*) Leaves Bioactive Compounds: Composition, Health Benefits, Bioaccessibility, and Dietary Applications. *Antioxidants* , 11, 402.

Kashyap, P., & Zaanand, S. (2016). Phytochemical and GC-MS analysis of *Rhododendron Arboreum* flowers. *Int. J. Farm Sci*, 6, 145–151

Katunzi-Kilewela, A., Kaale, L. D., Kibazohi, O., & Rweyemamu, L. M. P. (2021). Nutritional, health benefits and usage of chia seeds (*Salvia hispanica*): A review. *African Journal of Food Science*, 15(2),p 48-59

Khouchlaa, A., Talbaoui, A., El Idrissi, A. E. Y., Bouyahya, A., Lahsen, S. A., Kahouadji, A., & Tijane, M. (2018). Détermination des composés phénoliques et

Références bibliographique

évaluation de l'activité litholytique in vitro sur la lithiase urinaire d'extrait de *Zizyphus lotus* L. d'origine marocaine. *Phytothérapie*, 16(1), 14-19.

Knez Hrnčič M., Ivanovski M., Cör D., & Knez Ž. (2020). Chia Seeds (*Salvia Hispanica* L.): An Overview—Phytochemical Profile, Isolation Methods, and Application. *Molecules*, 25:11.

Knez Hrnčič M., Ivanovski M., Cör D., & Knez Ž. (2019). Chia Seeds (*Salvia hispanica* L.): An Overview-Phytochemical Profile, Isolation Methods, and Application. *Molecules*. Dec 18;25(1):11.

-L-

Lamaison, J.L., & Carnet A. (1990). Teneurs en principaux flavonoïdes des fleurs et des feuilles de *Crataegus monogyna* Jacq et de *Crataegus laevigata* (Poiret) DC. (Rosaceae). *Pharmaceutia Acta Helvetica*, 65, 315-320.

Lapornik, B., Prošek, M., & Golc Wondra, A. (2005). Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time. *Journal of Food Engineering*, 71(2), 214–222.

Laurent, L. (1991) Eléments minéraux. In : Techniques d'analyses et de contrôle dans les industries agroalimentaires. Volume 4. Lavoisier (Ed). Paris, pp78-98

Letaief, T., Garzoli, S., Laghezza Masci, V., Mejri, J., Abderrabba, M., Tiezzi, A., & Ovidi, E. (2021). Chemical Composition and Biological Activities of Tunisian *Zizyphus lotus* Extracts: Evaluation of Drying Effect, Solvent Extraction, and Extracted Plant Parts. *Plants*, 10(12), 2651.

-M-

Mahfuz, S., & Piao, X. S. (2019). Application of Moringa (*Moringa Oleifera*) As Natural Feed Supplement in Poultry Diets. *Animals*, 9(7), 431.

Manjula, B., Hunasagi, R., & Shivalinge, G. K. (2011). Anti-Obesity Activity Of Ethanolic Extract Of Moringa Oleifera Seeds In Experimental Animals. *Research Journal of Pharmacology and Pharmacodynamics*, 3(6), 318-328.

Références bibliographique

- Mohamed, S. A., El-Sakhawy, M., & El-Sakhawy, M. A. M. (2020).** Polysaccharides, protein and lipid-based natural edible films in food packaging: A review. *Carbohydrate Polymers*, 238, 116178.
- Mohammadpour, H., Sadrameli, S. M., Eslami, F., & Asoodeh, A. (2019).** Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction of Moringa Peregrina Oil With Response Surface Methodology and Comparison with Soxhlet Method. *Industrial Crops and Products*, 131, 106-116.
- Mohd Jailani, FNA, Zaidan, UH, Hanizam Abdul Rahim, MB, Abd Gani, SS, & Halmi, MIE (2020).** Évaluation des constituants et des propriétés physicochimiques du Ziziphus mauritiana malaisien sous-utilisé (Bidara) pour son potentiel nutraceutique. *Journal international de la science des fruits*, 20 (3), 394-402
- Monroy-TorresR., Mancilla-Escobar M.L., Gallaga-Solórzano J.C., Medina-Godoy S., & Santiago-García E.J. (2008).** PROTEIN DIGESTIBILITY OF CHIA SEED *Salvia hispanica* L. *Enero-Marzo*, 9(1) :1-10.
- Mordor Intelligence. (2022).** Global *Chia Seeds* Market – Analysis of Growth, Trends and Forecast (2022 – 2027), Industry Report.
- Moudache, M. (2017).** Potentiel antioxydant d'extraits de coproduits d'olivier : Application dans un emballage actif. Thèse de doctorat. Sciences Alimentaires. Université Abderrahmane Mira.Bejaia.p85.
- Mujtaba, Muhammad.,Ali, Qasid., Kurubas, Mehmet., Üstün, Hayri., Erkan, Mustafa, Kaya, Murat., Çiçek, Mehmet & Toksoy Oner, Ebru. (2023).** Understanding the effects of chitosan, chia mucilage, levan based composite coatings on the shelf life of sweet cherry. *Food Chemistry*, 416,10.
- Muñoz, L. A., Cobos, A., Diaz, O., & Aguilera, J. M. (2012).** Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration. *Journal of food Engineering*, 108(1), 216-224.
- Muñoz, L. A., Cobos, A., Diaz, O., & Aguilera, J. M. (2013).** Chia Seed (*Salvia hispanica*): An Ancient Grain and a New Functional Food. *Food Reviews International*, 29(4), 394–408.
- Muñoz-Tebar, N., Pérez-Álvarez, J.A., Fernández-López, J., & Viuda-Martos, M. (2023).** Chitosan Edible Films and Coatings with Added Bioactive Compounds: Antibacterial

Références bibliographique

and Antioxidant Properties and Their Application to Food Products: A Review. *Polymers*, 15, 396.

-N-

Nouman, W., Anwar, F., Gull, T., Newton, A.; Rosa, E., & Domínguez-Perles, R. (2016). Profiling of leaf polyphenols, nutrients, and antioxidant potential of genetic material from seven *Moringa oleifera* Lam cultivars. *Ind. Cultures Prod.*, 83, 166–176.

NowsheebaR., Ifra A., Rohitashw K., & Rishi R. (2021).Enrichment via chia seeds to tackle hidden hunger: A review. *Journal of food processing and preservation*, 45 :1-42.

-O-

Okuda, T., Baes, A. U., Nishijima, W., & Okada, M. (2001). Coagulation Mechanism Of Salt Solution-Extracted Active Component In *Moringa Oleifera* Seeds. *Water Research*, 35(3), 830-834.

Oomah, B. D., Corbé, A., & Balasubramanian, P. (2010). Antioxidant and Anti-inflammatory Activities of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Hulls. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(14), 8225–8230.

Oroian, M., Dranca, F., & Ursachi, F. (2020). Comparative evaluation of maceration, microwave and ultrasonic-assisted extraction of phenolic compounds from propolis. *Journal of food science and technology*, 57, 70-78.

Orphanides, A., Goulas, V., & Gekas, V. (2014). Introducing the concept of sono-chemical potential: A phenomenological model for ultrasound assisted extraction. *Journal of Food Engineering*, 120, 191–196.

Oyaizu, M. (1986). Studies on products of browning reactions-antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Japanese Journal of Nutrition*, 44, 307–315.

-P-

Paliwal R., Sharma V., & Pracheta, et al. (2011). Antinephrotoxic effect of administration of *moringa oleifera* lam in amelioration of DMBA-induced renal carcinogenesis in Swiss albino mice. *Biol med*, 3, 27-35.

Références bibliographique

Parreidt, T., Müller, K., & Schmid, M. (2018). Alginate-Based Edible Films and Coatings for Food Packaging Applications. *Foods*, 7(10), 170.

Pellegrini M., Lucas-Gonzalez R., Sayas-Barberá E., Fernández-López J., Pérez-Álvarez J. A., & Viuda-Martos M. (2017). Bioaccessibility of Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity of Chia (*Salvia hispanica* L.) Seeds. *Plant Foods for human nutrition*, 73(1) : 47-53.

Peñalver, R., Martínez-Zamora, L., Lorenzo, J. M., Ros, G., & Nieto, G. (2022). Nutritional and Antioxidant Properties of *Moringa oleifera* Leaves in Functional Foods. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(8), 1107.

Pfalzgraf, A., Frigg, M., & Steinhart, H. (1995). .alpha.-Tocopherol Contents and Lipid Oxidation in Pork Muscle and Adipose Tissue during Storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(5), 1339–1342.

Punt, W., Marks, A., & Hoen, P. P. (2003). RHAMNACEAE. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 123(1-2), 57–66.

-R-

Rahman M.J., de Camargo A.C., & Shahidi F. (2017). Phenolic and polyphenolic profiles of chia seeds and their in vitro biological activities. *J. Funct. Foods*. 35:622–634.

Renu, D., Yamini, M., & Bhaskara, RK (2019). Evaluation pharmacognostique, analyse physico-chimique et phytochimique des feuilles de Badara ie *Ziziphus jujuba* Lam. *Tourillon de pharmacognosie et de phytochimie* , 8 (6), 950-955.

Rocchetti, G., Blasi, F., Montesano, D., Ghisoni, S., Marcotullio, MC., Sabatini, S., Cossignani, L., & Lucini, L. (2019). Impact of conventional/unconventional extraction methods on the non-target phenolic profile of *Moringa oleifera* leaves. *Food res. Int.*, 115, 319–327.

Rodríguez-Pérez, C., Quirantes-Pine, R., Fernández-Gutiérrez, A., & Segura-Carretero, A. (2015). Optimization of the extraction method to obtain an extract rich in phenolic compounds from *Moringa oleifera* Lam leaves. *Ind. Cultures Prod*, 66, 246–254.

-S-

Références bibliographique

- Saadoudi, M. (2019).** Caractérisation biochimique, conservation et essais d'élaboration des produits alimentaires à base du fruit de *Zizyphus lotus* L .thèse de doctorat. Option Qualité et Sécurité Alimentaire. Université 1 Hadj Lakhdar. Batna.p108.
- Saidi, I. (2019).** Caractérisation et valorisation d'une plante de la famille des fabaceae: *Gleditsia triacanthos* de la région de Sidi Bel Abbès: Extraction des substances bioactives. thèse de doctorat. Université Djilali liabès sidi bel abbés. p147.
- Shahidi, F., & Zhong, Y. (2005).** Lipid Oxidation: Measurement Methods. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, (3), 357–385
- Sharma VR, Paliwal R, & Sharma S. (2011).** Phytochemical analysis and evaluation of the antioxidant activities of the hydro-ethanolic extract of *Moringa oleifera* Lam. *J Pharm Res*; 4 (2):554–7.
- Shrestha, M., Shrestha, S., & Shrestha, N. K. (2022).**Chemical Composition, Health Benefits and Applications of Chia seeds: A Review”, *Tribhuvan University Journal of Food Science and Technology*, 1(1), p. 31–37.
- Singh, A. K., Kim, J. Y., & Lee, Y. S. (2022).** Phenolic Compounds in Active Packaging and Edible Films/Coatings: Natural Bioactive Molecules and Novel Packaging Ingredients. *Molecules*, 27(21), 7513.
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965).** Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Škerget, M., Kotnik, P., Hadolin, M., Hraš, A. R., Simonič, M., & Knez, Ž. (2005).** Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food Chemistry*, 89(2), 191–198.
- Sultana, S. (2020).** Nutritional and functional properties of *Moringa oleifera*. *Metabolism open*, 8, 100061.
- Sy, A. N., DiorFALL, A., Ndiaye, M., Ndiaye, K., Gueye, R. S., Bassene, E., ... & Sy, G. Y. (2018).** Evaluation de l'activité antioxydante des feuilles de *Moringa oleifera* Lam.(Moringaceae) du Sénégal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(4), 1816-1823.

Références bibliographique

-T-

Tafa, K. D., Satheesh, N., & Abera, W. (2023). Mechanical properties of tef starch based edible films: Development and process optimization. *Heliyon*, 9(2).

Tan, C., Han, F., Zhang, S., Li, P., & Shang, N. (2021). Novel bio-based materials and applications in antimicrobial food packaging: Recent advances and future trends. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(18), 9663.

Tokath, K., & Demirdöven, A. (2020). Effects of chitosan edible film coatings on the physicochemical and microbiological qualities of sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Scientia Horticulturae*, 259, 108656.

Trajkovska Petkoska, A., Daniloski, D., D’Cunha, N. M., Naumovski, N., & Broach, A. T. (2021). Edible packaging: Sustainable solutions and novel trends in food packaging. *Food Research International*, 140, 109981.

-U-

Udofia, Nathaniel & Onyancha, Jared & Mworira, Mugambi & William, Ncene & Moriasi, Gervason. (2020). Chemical Composition of Moringa oleifera Lam. and Moringa stenopetala Bac. Leaves from Kenya. *International journal of plant research*, 10. 1-10.

-V-

Valdivia-LópezM.A., & Tecante A. (2015). Chia (*Salvia hispanica* L.): A Review of Native Mexican Seed and its Nutritional and Functional Properties. *Advances in Food and Nutrition Research*, 75 :53-75.

Versino, F., Ortega, F., Monroy, Y., Rivero, S., López, O. V., & García, M. A. (2023). Sustainable and Bio-Based Food Packaging: A Review on Past and Current Design Innovations. *Foods*, 12(5),

-W-

Wambua NyingiJ., & Mburu M. (2021). Chia (*Salvia hispanica* L.) Seeds Phytochemicals, Bioactive Compounds, and Applications: A Review. *European Journal of Agriculture and Fo*

Références bibliographique

-Y-

Yahyaoui , M. (2020). Applications des huiles essentielles dans le domaine des emballages alimentaire, thèse de doctorat en chimie organique, école doctorale de mathématique informatique, science et technologie de matière, faculté des sciences basque.p163.

Younis N, Khan MI, Zahoor T, & Faisal MN. (2022).Phytochemical and antioxidant screening of *Moringa oleifera* for its utilization in the management of hepatic injury. *Front Nutr.* 9:1078896.

-Z-

Zeghad, N. (2009). Etude du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales d'intérêt économique (*Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*) et évaluation de leur activité antibactérienne. Thèse de Doctorat.université Mentouri. Constantine. P 96.

Zhang, S. Q., Bi, H. M., & Liu, C. J. (2007). Extraction of bio-active components from *Rhodiola sachalinensis* under ultrahigh hydrostatic pressure. *Separation and Purification Technology*, 57(2), 277-282.

Les annexes

Les annexes

Annexe 01 : Appareillage

Tableau 01 : Le matériel du laboratoire

<p>Balance analytique De type OHAUS</p>	 A photograph of an analytical balance, specifically an Ohaus model. It features a white base with a digital display and control buttons. A glass weighing chamber is mounted on top, and a weighing pan is visible inside. The device is placed on a white surface.
<p>Étuve de type Venticell</p>	 A photograph of a Venticell oven. The oven is white with a blue curved top section. The brand name 'Venticell' is printed vertically on the right side. The control panel at the top includes a digital display showing 'End' and several icons. The oven is sitting on a wooden surface.

Les annexes

<p>Sonicateur FSNV 1719</p>	
<p>Bain Marie Fsnv/ 1766</p>	
<p>Spectrométrie</p>	

Les annexes



Autres matériel et verrerie :

Broyeur électrique, Becher, éprouvette, entonnoir, plaque agitatrice, erlenmeyer, tube à essai, spatule, papier whatman, fiole, Pipette pasteur, boîtes de pétrie, des cuves de spectrophotomètre. Plaque chauffante, pH mètre, four à moufle.

Les annexes

Annexe 2 :

Les Produits Chimiques et préparation des solutions

Ethanol, folin –Ciocalteu, carbonate de sodium, chlorure d'aluminium (AlCl_3), méthanol, TCA(acide trichloracétique) ,Acide gallique ;chlorure ferrique (FeCl_3), KH_2PO_2 , K_2PHO_2

Solution DPPH (2,2-DiPhenyl-1-PicrylHydrazyl), Glycérol,Acide thiobarbiturique,

- **Préparation des solutions**

solution	réactif
Folin (1/10)	1ml de folin +9ml d'eau distillée
Carbonate de sodium Na_2CO_3 (7,5%)	7,5g de carbonate De sodium + 100ml d'eau distillée
chlorure d'aluminium (AlCl_3)	2g de chlorure d'aluminium dans 100 ml de méthanol
TCA	10 g de TCA dans 100ml d'eau distillée
tampon phosphate (0.2M, ph 7)	0,68g de KH_2PO_2 dans 100ml d'eau distillée 0,87g de K_2PHO_2 dans l'eau distillée La solution acide est ajustée avec la solution basique jusqu'à l'obtention d'un pH 7
Chlorure ferrique à 0.1%	0.1g de FeCl_3 dans 100ml d'eau distillée 12,5g de NaOH dans 1000ml d'eau distillée
Solution DPPH (65 μm /l)	0,0024g dans 100ml de méthanol pur
Ferricyanure de potassium $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$	1g de Ferricyanure de potassium $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ dans 100ml d'eau distillée
Ethanol 70%	70 ml éthanol est mélangé avec 30ml d'eau distillée
Acide thiobarbiturique	288,3mg dans 100ml d'eau distillée
TCA (acide trichloracétique)	10 mg +100ml d'eau distille

Les annexes

Annexe 3

Courbes détalonnages

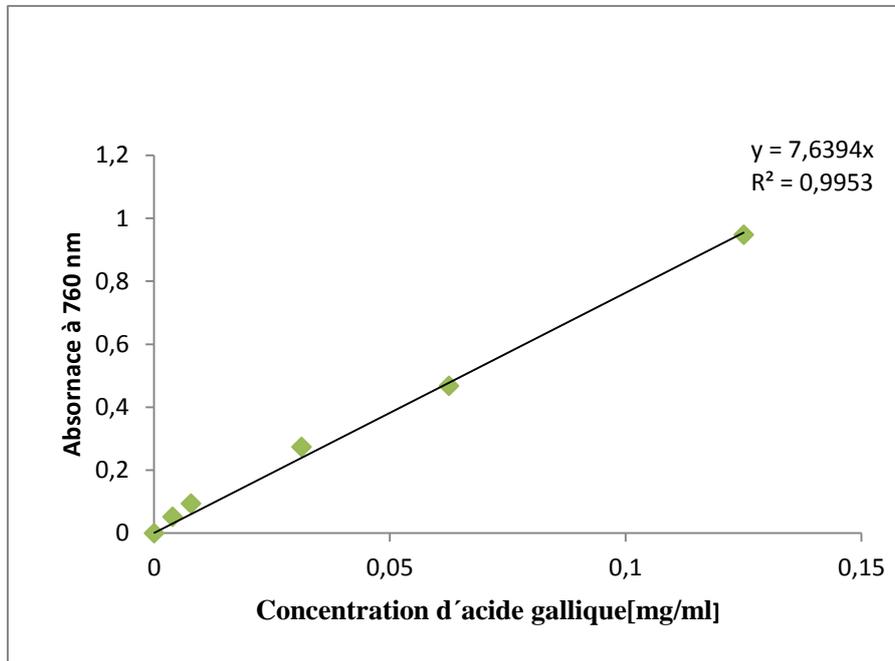


Figure 1: Dosage des phénols totaux solubles

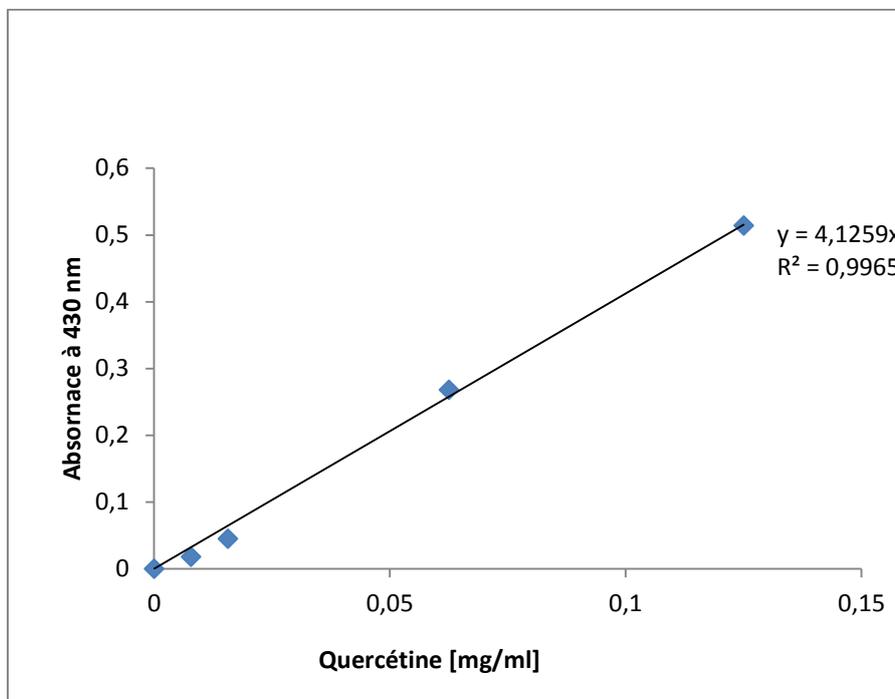


Figure 2 : Dosage des flavonoïdes

Les annexes

Annexe n° 04 :

Les photos des expériences faites :

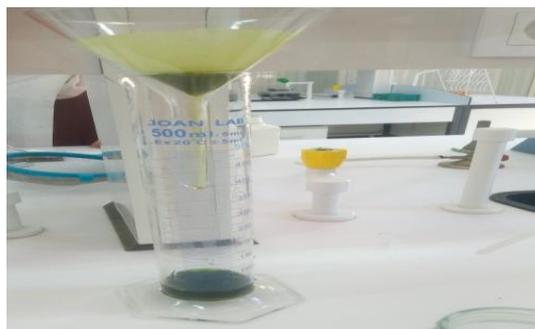


Figure03 : détermination de la teneur en eau



(a) : Extraction par macération

(c) : Extraction assistée par ultrason



(d) : Filtration de l'extract

Figure 04 : Photographie de quelques étapes de préparation des extraits éthanoïque

Les annexes



Figure 05 : Dosage des composés phenoliques



Figure 06 : Test de Frap



Figure 07 : Extraction des polyssacharides

Les annexes



Figure 08 : Preparation des biofilms



Figure 09 : La viande hachée emballée avec les films



Figure 10 : Dosage de substances réactives à l'acide thiobarbiturique (TBARS)

Les annexes

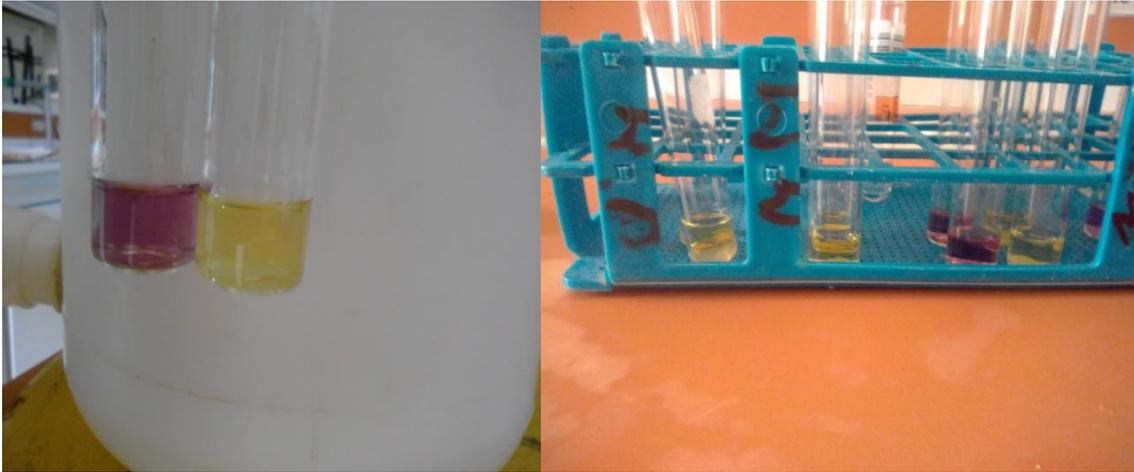


Figure 11' : Evaluation de l'activité antiradiculaire de biofilms



Figure 11: Enrobage des cerises

Résumé :

Les extraits de plantes médicinales représentent un ingrédient intéressant pour les emballages alimentaires biodégradables. L'objectif général de notre travail était l'étude de l'activité antioxydante des extraits de feuilles du *Moringa oleifera* et *Zizyphus lotus*, et incorporation des extraits dans les biofilms et enrobages comestibles biodégradables à base d'amidon et amidon/mucilages de graines de chia et leurs application comme des emballages actifs pour la conservation de la viande haché et les cerises.

Les résultats obtenus dans ce travail ont montré que les meilleurs rendements d'extraction des composés phénoliques sont obtenus par la méthode d'extraction assistée par ultrason (EAU) ; 37,55% pour *Zizyphus lotus* et 36,79% pour *Moringa oleifera*. L'analyse de la composition des extraits des plantes ont révélé que ces derniers sont riches en phénols totaux et en flavonoïdes, l'extraits des feuilles de *Zizyphus lotus* possèdent une teneur élevée en phénols ($65,242 \pm 1,35$ mg EAG/g de MS), contrairement au *Moringa oleifera* qui présente une teneur élevée en flavonoïdes ($183,4627 \pm 1,89$ mg EQ/ g MS). Les résultats d'évaluation de l'activité antioxydante ont montré que l'extrait de feuilles de *Zizyphus lotus* obtenu par macération manifeste une plus forte activité antioxydante de DPPH avec IC50 ($0,619 \pm 0,03$ mg/ml), alors qu'une forte activité réductrice de fer est enregistrée dans l'extrait (EAU) de *Moringa oleifera* avec une IC50 ($0,15 \pm 0,003$ mg/ml)

Les meilleures valeurs de l'activité anti-radicalaire des biofilms (à base d'amidon) sont enregistrées par le biofilm contenant l'extrait de feuilles de *Moringa oleifera* obtenu par macération 90,32 %, tandis qu'un pourcentage fort d'inhibition de 91,32% est enregistré par le biofilm à base d'amidon(50%) et mucilages de graines de chia(50%) incorporé l'extrait des feuilles de *Zizyphus lotus* obtenu macération .Les résultats obtenus ont montré que l'incorporation d'extraits de feuilles de *Moringa oleifera* et *Zizyphus lotus* dans les solutions filmogènes à base d'amidon offre une stabilité de la viande contre les processus d'oxydation de lipides, l'enrobage des cerises par des solutions filmogènes à base des polysaccharides est une méthode efficace pour augmenter la durée de conservation et préserver leur qualité sensorielles et limiter la perte de leur poids.

Enfin, les biofilms contenant de composés antioxydant naturel ont montré des résultats prometteurs pour être applicable en tant que des films d'emballage et enrobage alimentaires actifs.

Mot clé: *Zizyphus lotus*, *Moringa oleifera*, biofilm, enrobage comestible, biodégradable, polysaccharides, emballage actif, polyphénol .DPPH.

Summary:

Herbal extracts represent an interesting ingredient for biodegradable food packaging. The general objective of our work was to study the antioxidant activity of *Moringa oleifera* and *Zizyphus lotus* leaf extracts, and incorporate the extracts into biodegradable starch-based and starch/mucilage-based chia seed biofilms and edible coatings and their application as active packaging for the preservation of minced meat and cherries.

The results obtained in this work showed that the best extraction yields of phenolic compounds were obtained by the ultrasound-assisted extraction (UAA) method; 37.55% for *Zizyphus lotus* and 36.79% for *Moringa oleifera*. Analysis of the composition of the plant extracts revealed that they are rich in total phenols and flavonoids, with *Zizyphus lotus* leaf extract having a high phenol content (65.242 ± 1.35 mg EAG/g DM), in contrast to *Moringa oleifera*, which has a high flavonoid content (183.4627 ± 1.89 mg EQ/ g DM). Results for antioxidant activity showed that the *Zizyphus lotus* leaf extract obtained by maceration exhibited the highest DPPH antioxidant activity with IC50 (0.619 ± 0.03 mg/ml), while a high iron-reducing activity was recorded in the *Moringa oleifera* extract (EAU) with IC50 (0.15 ± 0.003 mg/ml).

The best values for anti-free radical activity of (starch-based) biofilms were recorded by the biofilm containing *Moringa oleifera* leaf extract obtained by maceration 90.32%, while a strong inhibition percentage of 91.32% was recorded by the biofilm based on starch (50%) and chia seed mucilage (50%) incorporated *Zizyphus lotus* leaf extract obtained by maceration. The results obtained showed that incorporating *Moringa oleifera* and *Zizyphus lotus* leaf extracts into starch-based film-forming solutions offers meat stability against lipid oxidation processes, while coating cherries with polysaccharide-based film-forming solutions is an effective method for extending shelf life, preserving sensory quality and limiting weight loss.

Finally, biofilms containing natural antioxidant compounds have shown promising results for application as active food packaging and coating films.

Key word: *Zizyphus lotus*, *Moringa oleifera*, biofilm, edible coating, biodegradable, polysaccharides, active packaging, polyphenol .DPPH.