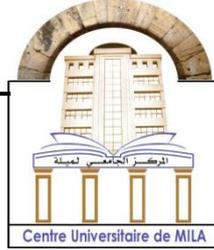


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° Ref :.....

Centre Universitaire Abdelhafid BOUSSOUF- Mila

Institut des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Biologiques et Agricoles

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de

Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie Appliquée

Thème :

Effet d'utilisation d'un emballage comestible bioactif sur la durée de conservation à l'état frais des tomates cerise

Présenté par :

- Zait Loubna
- Belmili Ikram

Devant le jury :

Bougueria Hassiba	MCA	Présidente
Laghouti Ouafa	MCB	Examinatrice
Boukezoula Fatima	MCA	Promotrice

Année Universitaire : 2023/2024

Remerciement

Tout d'abord nous tenons à remercier ALLAH le tout-puissant de nous avoir donné la santé, la volonté, le courage et la patience pour mener à terme notre formation et de pouvoir réaliser ce travail de recherche.

Nos remerciements s'adressent particulièrement à **Mme Boukezoula Fatima**, pour son encadrement de qualité, sa motivation professionnelle, ses conseils et critiques constructives, ses corrections, sa gentillesse et sa patience ainsi pour le temps qu'elle a consacré à la réalisation de ce travail.

Nous adressons nos respectueux remerciements à **Melle Bougueria Hassiba** pour avoir bien voulu accepter de présider le jury de ce mémoire.

Nous adressons nos respectueux remerciements à **Mme Laghouati Ouafa** pour avoir bien voulu participé à ce jury et examiner ce modeste travail.

Nos remerciements s'adressent aussi à **Melle Kehoul Nassima** pour son aide, son soutien moral et ses encouragements.

Nous exprimons notre profonde gratitude envers nos professeurs pour leur dévouement, leur soutien constant et leur précieuse patience tout au long de notre parcours académique

Enfin, je souhaite adresser mes pensées reconnaissantes à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A ma mère

Qui n'a malheureusement pas pu assister cette estrade. J'aurais aimé vous avoir à mes côtés, mais je te promets, ma chère mère, que je porterai fièrement ce diplôme, faisant honneur à ton amour et à ton soutien sans faille. Que Dieu ait pitié de ton âme qu'il illumine ta tombe et qu'il t'accorde le plus degré du paradis, la plus chère des mères à avoir quitté ce monde

A mon père

Tu as toujours été pour moi un exemple du père respectueux, honnête. Grâce à toi papa j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité, ta compréhension... Ton soutien fut une lumière dans tout mon parcours. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour toi. Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que tu as déployés pour mon éducation et ma formation. Je t'aime papa et j'implore le tout-puissant pour qu'il t'accorde une bonne santé et une vie longue

A mes chers frères « Yahia Mouloud et Zakaria Khaled »

Les personnes les plus dignes de mon estime et de mon respect. Aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments. Que Dieu vous préserve et vous accorde santé, longue vie et réussite.

A toute ma famille

A mon binôme de ce travail, Ikram et sa famille

A toute personne que j'aime et qui m'aime.

Zait Loubna

Dédicace

Je remercie dieu de m'avoir donné le courage et la force pour accomplir ce modeste travail, fruits de cinq ans d'études.

Je voudrais dédie ce modeste travail à la lumière de mes jours, la flamme de mon cœur maman qui j'adore, à l'homme de ma vie, mon exemple éternel, source de joie et de bonheur mon père. Qui ont veillé à ce que je sois ce que je suis devenu maintenant, surtout pour réaliser ce mémoire.

A mes chers frères Samir, Islem et mes chers sœurs : Fayza, Wafa. Et ses filles Soundous et Ilin qui ont toujours été à mes côtés.

A mes cousines spécialement Khawla, sans oublier mes cousins chacun à son nom.

A mon binôme Loubna et sa famille.

A tous mes amis, spécialement Nesrine, elle qui est toujours là pour moi.

Et à tous ce qui ont enseigné moi au long de ma vie scolaire.

Enfin, je dédie ce mémoire à tous mes collègues.

Ikram belmili

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Composition chimique de la gomme.....	14
Tableau 2 : Les produits dérivés de la graine de caroube et leurs applications.....	16
Tableau 3 : Quelques effets biologiques et pharmacologiques de <i>Quercus ilex</i> L.....	19
Tableau 4 : Usages traditionnels d'espèces <i>Inula viscosa</i> L.....	22
Tableau 5 : Les lots des tomates enrobées.....	34
Tableau 6 : Activité antimicrobienne des extraits aqueux d' <i>Inula viscosa</i> L et de <i>Quercus ilex</i> sur les deux bactéries testées (diffusion en mm par disque).....	41

Liste des figures

Figure 1 : Les méthodes d'enrobage.....	6
Figure 2 : Système racinaire chez le caroubier.....	11
Figure 3 : Feuille du caroubier.....	11
Figure 4 : Inflorescence mâle du caroubier (a) Inflorescence femelle Du Caroubier (b).....	12
Figure 5 : Fruit du caroubier.....	13
Figure 6 : Graines de caroubier.....	13
Figure 7 : Etapes d'extraction de la gomme de caroube.....	15
Figure 8 : Chêne vert	18
Figure 9 : Distribution géographique du Chêne vert (Q. ilex.)	19
Figure 10 : <i>Inula viscosa</i> L.....	20
Figure 11 : Répartition géographique d' <i>Inula viscosa</i> L.....	21
Figure 12 : A) Photographie des fruits (gousses) ; B) Photographie des graines de caroube.....	27
Figure 13 : Les étapes d'extraction de la gomme de caroube.....	28
Figure 14 : Les étapes de purification de la gomme brute de caroube.....	29
Figure 15 : <i>Quercus ilex</i> L (Chêne vert)	29
Figure 16 : <i>Inula viscosa</i> L (Magramane)	30
Figure 17 : Les étapes de préparation d'extrait du chêne vert	31
Figure 18 : Les étapes de la préparation de l'extrait de Magramane	31
Figure 19 : Les étapes de la réalisation de l'activité antimicrobienne.....	33
Figure 20 : a) Enrobage par la méthode de trempage. B) séchage à l'air libre des tomates enrobées	35
Figure 21 : Mesure d'acidité.....	36

Figure 22 : Effets scavenger contre le radical DPPH de l'extrait aqueux.....	39
Figure 23 : IC ₅₀ des extraits des plantes étudiées.....	40
Figure 24 : L'activité antibactérienne d' <i>inula viscosa</i> L.....	42
Figure 25 : L'activité antibactérienne de <i>Quercus ilex</i> L.....	43
Figure 26 : Effet du traitement par enrobage sur le pH des tomates	44
Figure 27 : Effet du traitement par enrobage sur l'acidité des tomates.....	45
Figure 28 : Effet du traitement par enrobage sur la perte de poids des tomates.....	46
Figure 29 : Radar des résultats physicochimiques des tomates conservées.....	47
Figure 30 : Les tomates testées après 18 jours de stockage.....	48

Liste des Abréviations

- GGC : Gomme de graines de caroube purifiée
- GCB : Gomme de caroube brute
- °C : Degrés Celsius
- h: Heure
- mL : Millilitre
- g : Gramme
- mg/l: Milligramme par litre
- µg/ml : Microgramme par millilitre
- NaOH : Hydroxyde de sodium
- pH : Potentiel hydrogène
- ABTS: L'acide 2,2' -azino-bis(3-éthylbenzothiazoline-6-sulphonique)
- DPPH : 2,2-Diphényl Picryl-Hydrazyl
- IC₅₀ : Concentration inhibitrice de 50 %
- GN : Gélose Nutritive
- N : Normalité
- Q. ilex : *Quercus ilex*.L

Table de matières

Remerciements

Dédicaces

Liste des Tableaux

Liste des figures

Liste des Abréviations

Introduction.....1

Partie bibliographique

Chapitre 1 : Enrobage comestible

1.1. Définition d'enrobage comestible.....4

1.2. Types d'enrobage comestible4

1.2.1. Enrobage hydrocolloïdes4

1.2.1.1. Enrobages comestibles à base de polysaccharides4

1.2.1.2. Emballage comestible à base de protéine4

1.2.2. Emballage comestible à base de lipides5

1.2.3. Emballage comestible composites5

1.3. Les techniques d'enrobage5

1.3.1. Méthode par trempage6

1.3.2. Méthode de pulvérisation6

1.4. Rôle des enrobages comestibles dans la qualité et la sécurité des aliment.....6

1.5. Caractérisation des enrobages comestibles7

1.5.1. Résistance à la vapeur d'eau7

1.5.2. Perméabilité aux gaz	7
1.5.3. Propriétés sensorielles et texturales	8

Chapitre 2 : Le Caroubier

2.1. Généralité	10
2.2. Taxonomie et terminologie commune	10
2.3. Description	10
2.4. La gomme de caroube	14
2.4.1. Composition chimique de la gomme de caroube	14
2.4.2. Extraction de la gomme de caroube	15
2.5. Utilisation des graines de caroube.....	15

Chapitre 3 : Matériels végétales utilisées

3.1. Chêne vert (<i>Quercus ilex</i> L.).....	18
3.1.1. Définition	18
3.1.2. Position systématique	18
3.1.3. Répartition géographique du chêne vert	18
3.1.4. Caractéristiques biologique	19
3.2. <i>Inula Viscosa</i> L.....	20
3.2.1. Définition	20
3.2.2. Nomenclature et Taxonomie	20
3.2.3. Répartition géographique	21
3.2.4. Caractères biologiques d' <i>Inula viscosa</i> L.....	21
3.3. La tomate cerise	23
3.3.1. Généralité	23

3.3.2. Définition et classification botanique.....	23
3.3.4. Composition chimique de la tomate	23
3.3.5. Production mondiale	24
3.3.6. Production locale	24
Partie expérimentale	
Matériel et méthodes	
1. Extraction et purification de la gomme de caroube.....	27
1.1. Extraction	27
1.2. Purification.....	28
2. Préparation et caractérisation des extraits aqueux de chêne vert et Magramane.....	29
2.1. Matériel végétal	29
2.1.1. <i>Quercus ilex</i> L (Chêne vert)	29
2.1.1. <i>Inula viscosa</i> L(Magramane)	30
2.2. Préparation des extraits	30
2.3. Evaluation de l'activité antioxydant des extraits.....	31
2.4. Evaluation de l'activité antibactérienne des extraits	32
2.4.1. Préparation des inocula bactériens	32
2.4.2. Mise en évidence de l'activité antibactérienne	32
3. Essai de conservation de la tomate cerise par le gel d'enrobage à base de la gomme de caroube additionné d'extraits des deux plantes.....	33
3.1. Préparation de l'enrobage	33
3.2. Traitement préliminaire des tomates.....	33
3.3. Application de l'enrobage	33

3.4. Évaluation des paramètres morphologiques et physicochimiques.....	35
3.4.1. Durée de conservation.....	35
3.4.2. Perte de masse.....	35
3.4.3. Détermination du pH	35
3.4.4. Détermination de l'acidité	36
4. Traitement statistiques.....	37
Résultats et discussion	
1. Activité antioxydant.....	39
2. Activité antimicrobienne	41
3. Essai de conservation de la tomate cerise par le gel d'enrobage à base de la gomme de caroube additionné d'extraits des deux plantes.....	44
3.1. Le pH	44
3.2. L'acidité titrable des tomates.....	45
3.3. Perte de poids	45
Conclusion.....	50
Références.....	53
Résumés	
Annexes	

INTRODUCTION

Introduction

Les fruits et légumes peuvent absorber des contaminants de leur peau, accélérant ainsi le processus de pourriture et provoquant une détérioration biochimique. Le brunissement, les saveurs désagréables et la dégradation de la texture sont quelques exemples de cette détérioration, qui finit par affecter la qualité des denrées périssables. De plus, les clients sont exposés à des risques en présence de germes pathogènes (**Harris et al, 2003**).

Pour protéger des fruits, la technologie de revêtement comestible est mise en avant. Les principaux facteurs de qualité des produits frais qui contribuent à leur qualité sont la couleur, la saveur, la sécurité microbiologique, l'apparence, la valeur nutritionnelle et la texture. Ainsi, le revêtement comestible garantit tous ces facteurs pour préserver la marchandise (**lin et al, 2007**).

Le terme "revêtement comestible" ou les enrobages comestibles sont des couches minces, généralement composées de substances chimiques ou biologiques, qui sont appliquées à la surface des aliments. Leur rôle principal est d'inhiber les échanges gazeux, ce qui ralentit le processus de maturation, améliore la qualité du produit et prolonge sa durée de conservation. En agissant comme une barrière semi-perméable entre le produit alimentaire et son environnement extérieur, ces enrobages limitent les mouvements d'humidité, de gaz et de solutés, retardant ainsi l'altération et préservant la fraîcheur du produit (**Miteluț et al, 2021**). Les revêtements comestibles sont principalement développés en utilisant des biopolymères tels que les lipides, les protéines, les polysaccharides, ou un mélange de ceux-ci (**Summo et al, 2022**).

Bien que les revêtements et les films comestibles ne soient pas destinés à remplacer intégralement les matériaux d'emballage conventionnels, ils peuvent être utilisés pour prolonger la stabilité des aliments en réduisant les échanges d'humidité, de lipides, de substances volatiles et de gaz entre les aliments et l'environnement environnant. En évitant la contamination de la surface, on améliore l'efficacité de l'emballage des aliments, réduisant ainsi la nécessité d'utiliser des polymères dérivés du pétrole (**Tian et al, 2020**).

La présente étude a pour principal objectif de développer et proposer des techniques de conservation innovantes. Il s'agit plus spécifiquement de :

- Tester la gomme de caroube comme un bioconservateur de la tomate cerise.
- D'évaluer l'effet combiné de la gomme et l'extrait aqueux de *Quercus ilex* L. et *Inula viscosa* L.

PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1

Enrobage comestible

Chapitre 1 : Enrobage comestible

1. Emballage comestible

1.1. Définition d'enrobage comestible

Les enrobages comestibles sont des couches minces, généralement composées de substances chimiques ou biologiques, qui sont appliquées à la surface des aliments. Leur rôle principal est d'inhiber les échanges gazeux, ce qui ralentit le processus de maturation, améliore la qualité du produit et prolonge sa durée de conservation. En agissant comme une barrière semi-perméable entre le produit alimentaire et son environnement extérieur, ces enrobages limitent les mouvements d'humidité, de gaz et de solutés, retardant ainsi l'altération et préservant la fraîcheur du produit (Miteluț et al, 2021).

1.2. Types d'enrobage comestible

1.2.1. Enrobages hydrocolloïdes

Ce sont des polymères d'origine naturelle, notamment les protéines et les polysaccharides, qui sont hydrophiles (abdul khalil et al, 2018).

1.2.1.1. Enrobages comestibles à base de polysaccharides

Les polysaccharides, parmi les polymères naturels les plus répandus, ont récemment connu une utilisation croissante dans la préparation de films comestibles et de revêtements alimentaires (Imre et al, 2019).

Les films comestibles à base de polysaccharides se distinguent par leur réseau de liaisons hydrogène bien ordonné, ce qui les rend efficaces comme bloqueurs d'oxygène. Cependant, leur efficacité en tant que barrière contre l'humidité est moindre en raison de leur caractère hydrophile. Les revêtements à base de polysaccharides, dépourvus d'huile et transparents, prolongent la durée de conservation des produits sans induire de conditions anaérobies. (Mohamed et al, 2020).

1.2.1.2. Emballage comestible à base de protéine

Parmi les diverses sources de films comestibles, les matériaux à base de protéines semblent particulièrement attrayants en raison de leur apport en valeur nutritionnelle supplémentaire. (Galus et Kadzińska, 2016).

De plus, les films comestibles à base de protéines présentent des propriétés mécaniques et des capacités de barrière aux gaz comparativement plus élevées, tout en conservant des propriétés de barrière à l'humidité relativement faibles. Ils surpassent ainsi les films à base de lipides et de polysaccharides en termes de performance. Leur structure en réseau ordonné, caractérisée

Chapitre 1 : Enrobage comestible

par des liaisons solides, leur confère d'excellentes propriétés physiques ainsi qu'une efficacité remarquable dans le blocage des gaz. (Kumari et al, 2017).

1.2.2. Emballage comestible à base de lipides

Les lipides forment un groupe étendu et varié de composés organiques naturels, principalement constitués de chaînes d'hydrocarbures. Ils peuvent être liquides ou solides sous forme non cristalline, sans couleur, sans saveur, sans odeur, et plus légers que l'eau. Insolubles dans l'eau mais solubles dans les solvants organiques, ils sont de mauvais conducteurs de chaleur et d'électricité. En raison de leur nature hydrophobe et non polaire, ils peuvent empêcher l'humidité (eau) de pénétrer lorsqu'ils sont utilisés comme films ou revêtements sur des substances alimentaires (Pérez-Gago et Rhim, 2014).

1.2.3. Emballage comestible composites

Les films comestibles composites sont des systèmes multi-composants où différents composés hydrophobes et hydrophiles sont mélangés pour améliorer leurs propriétés fonctionnelles. Souvent, la présence d'un unique composé fonctionnel formant la matrice polymère, capable de conférer une cohésion suffisante à la structure, ne suffit pas à fournir toutes les propriétés requises, telles que les propriétés mécaniques et de barrière (Srivastav et al, 2022 ; Dhumal et Sarkar, 2018).

Les films comestibles à base de biopolymères polaires, tels que les polysaccharides et les protéines, présentent généralement de bonnes propriétés de barrière aux gaz et des propriétés mécaniques raisonnablement bonnes à faible humidité relative. Cependant, ils exhibent de mauvaises propriétés de barrière à l'eau en raison de leur caractère hydrophile à une humidité élevée. En contraste, les lipides hydrophobes sont relativement efficaces contre la migration de l'humidité, mais en raison de leur nature non polymère, ils présentent de piètres propriétés mécaniques comparativement aux films hydrocolloïdes (Janjarasskul et Krochta, 2010).

1.3. Les techniques d'enrobage

Les enrobages comestibles peuvent être appliqués de différentes manières, telles que le trempage, la pulvérisation ou l'enrobage, dans le but de contrôler les échanges gazeux, le transfert d'humidité et les réactions d'oxydation. De plus, des ingrédients bénéfiques peuvent être intégrés à ces enrobages et appliqués à la surface des aliments pour renforcer leur sécurité et potentiellement améliorer leur qualité. Ces ajouts peuvent également avoir des avantages nutritionnels et sensoriels. (Nair et al, 2020).

Chapitre 1 : Enrobage comestible

1.3.1. Méthode par trempage

La méthode de trempage implique d'immerger le produit dans une émulsion d'enrobage conservée dans un récipient. Elle est particulièrement adaptée aux aliments présentant une surface complexe ou irrégulière nécessitant un enrobage substantiel pour des raisons telles que leur propriété antibactérienne, antioxydant, nutritive, etc. Une fois que l'aliment a été trempé et que l'excès d'enrobage a été retiré, il peut être laissé à sécher naturellement à l'air ou accéléré à l'aide d'un séchoir spécialisé pour reformer une couche uniforme. **(Senturk Parreidt et al, 2018)**

1.3.2. Méthode de pulvérisation

Cette technique implique la création de gouttelettes de la solution d'enrobage à l'aide de différentes buses, qui sont ensuite réparties uniformément sur la surface de l'aliment. Trois techniques de pulvérisation différentes sont couramment utilisées dans l'industrie pour appliquer des enrobages comestibles sur des produits alimentaires : l'atomisation par pression, l'atomisation par pulvérisation d'air et l'atomisation sans air assistée par air.

Chacune de ces méthodes offre des avantages spécifiques en termes de contrôle de la taille des gouttelettes, de la répartition uniforme de l'enrobage et de l'efficacité du processus. **(Peretto et al, 2017).**

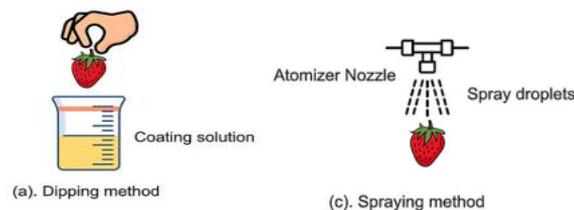


Figure 1 : Les méthodes d'enrobage **(Vaishnavi et al,2023)**

1.4. Rôle des enrobages comestibles dans la qualité et la sécurité des aliments

L'emploi d'enrobages comestibles présente un impact significatif dans l'élévation de la qualité et de la sécurité des aliments. Ces enrobages servent de barrière protectrice pour envelopper divers produits alimentaires. **(Galus et al, 2020)**. Les enrobages comestibles jouent un rôle crucial dans la préservation des qualités sensorielles des aliments, englobant des caractéristiques telles que la texture, l'apparence, la saveur et l'arôme **(Yousuf et al, 2021)**. De plus, ils peuvent ralentir le processus de maturation, prolongeant ainsi la durée de conservation des aliments **(Fan et al, 2009)**.

Chapitre 1 : Enrobage comestible

1.5. Caractérisation des enrobages comestibles

L'évaluation des enrobages comestibles est essentielle pour vérifier leur pertinence et leur efficacité dans la préservation de la qualité et de la sécurité des produits alimentaires. (Yaashikaa et al, 2023). Ce processus implique l'évaluation de différents aspects des enrobages, tels que leur capacité à agir comme des barrières efficaces, leur résistance mécanique, leur microstructure, leur épaisseur, leur uniformité et leur adhérence à la surface de l'aliment. L'évaluation des propriétés de barrière des revêtements, comme leur résistance à la vapeur d'eau et leur perméabilité à l'oxygène, est cruciale pour mesurer leur capacité à protéger contre la perte d'humidité et l'exposition à l'oxygène (Tayeb et al, 2020).

1.5.1. Résistance à la vapeur d'eau

Les propriétés des films et des enrobages comestibles sont soumises à divers facteurs, notamment la composition du matériau, les conditions de préparation telles que le type de solvant, le pH du milieu, la température, ainsi que le type et la concentration d'additifs tels que les plastifiants, les agents antimicrobiens, les antioxydants, les agents de réticulation ou les émulsifiants (Han, 2014). Comparés aux films plastiques, les films hydrocolloïdes dérivés de protéines et de polysaccharides offrent une meilleure protection contre la perméabilité des gaz, notamment du dioxyde de carbone et de l'oxygène. De plus, ils présentent une résistance satisfaisante aux lipides. Cependant, leur efficacité dans la prévention de la vapeur d'eau est moindre (Nair et al, 2020).

1.5.2. Perméabilité aux gaz

En analysant la composition interne des fruits enrobés, souvent en corrélation avec les niveaux d'oxygène (O₂) et de dioxyde de carbone (CO₂), ainsi que des composés chimiques volatils importants tels que l'éthanol et l'acétaldéhyde, on peut évaluer la perméabilité aux gaz des enrobages. Ces composés sont essentiels au métabolisme du fruit. Des échantillons sont prélevés dans le noyau du fruit à l'aide d'une seringue pour l'analyse. Par la suite, ces échantillons sont soumis à une chromatographie en phase gazeuse pour une analyse approfondie (Morales et al, 2013). Cette méthode permet de surveiller l'atmosphère interne des fruits. Une alternative consiste à utiliser le taux de respiration des fruits couverts pour évaluer les changements dans leur composition interne. Pour ce faire, les fruits sont placés dans un récipient en verre hermétique, et l'espace de tête est échantillonné à des intervalles réguliers pour être analysé par chromatographie en phase gazeuse, afin de mesurer les niveaux de CO₂ et d'O₂ (Satianteerapa et al, 2022).

1.5.3. Propriétés sensorielles et texturales

Les fruits et légumes enrobés présentent des avantages significatifs, tels que l'extension de leur durée de conservation et l'amélioration de leur texture et de leur apparence. Toutefois, pour garantir le succès des applications d'enrobage, il est essentiel de comprendre en profondeur les paramètres liés à la mouillabilité (**Choi et al, 2002**). L'énergie libre de surface, la tension interfaciale entre la solution d'enrobage et la surface du fruit, ainsi que l'angle de contact, figurent parmi les facteurs essentiels à considérer dans ce domaine. Ils déterminent principalement l'adhérence du liquide à la surface, ce qui influence ensuite l'épaisseur de l'enrobage qui enveloppe le fruit (**Fama et al, 2007**). Il est crucial de préserver les caractéristiques sensorielles fondamentales telles que l'amertume, l'acidité, la douceur, l'arôme, la fermeté, la couleur et la brillance des fruits tout au long du processus d'enrobage. Pour évaluer ces qualités sensorielles, des méthodes telles que l'analyse descriptive ou les panels de dégustation impliquant des consommateurs et des tests de choix libre sont couramment employées (**Han et al, 2005**).

Chapitre 2
Le Caroubier

2. Le Caroubier

2.1. Généralité

Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) appartient à la famille des Fabacées, de l'ordre des Fabales. Cette espèce est adaptée aux milieux sclérophylles, xérophiles, thermophiles, héliophiles et calcicoles, et est originaire des zones arides et semi-arides de la Méditerranée et de la péninsule arabique. Socio-économiquement et écologiquement, l'arbre pourrait jouer un rôle crucial, notamment dans les régions sèches et celles menacées par la désertification, en particulier dans le bassin méditerranéen est un arbre ou arbuste sclérophylle, sempervirent, qui peut atteindre 7 à 20 m de hauteur et une circonférence à la base du tronc de 2 à 3m. Il a une écorce lisse et grise lorsque la plante est jeune ; et brune et rugueuse à l'âge adulte. Son bois de couleur rougeâtre est très dur. Le caroubier peut vivre jusqu'à 200 ans (**Ait Chitt et al, 2007**).

2.2. Taxonomie et terminologie commune

Le nom scientifique du caroubier, *Ceratonia siliqua*, proposé par Linné est dérivé du mot grec "Keras" = corne et du latin "siliqua" (gousse), en allusion à la dureté et la forme de la gousse. La dénomination de l'espèce *C. siliqua* L. dans différents pays et langues découle d'une forme générale du nom arabe Al kharroub ou kharroub, comme c'est le cas del algarrobo ou garrofero en espagnol (**Albanell, 1990**).

D'après **Quezel et Santa (1963)**, le caroubier est classé comme suit :

Règne : Plantae

Embranchement : Tracheobionta

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous-classe : Rosidae

Ordre : Fabales

Famille : Fabaceae

Genre : *Ceratonia* L.

Nom binominal : *Ceratonia siliqua* L., 1753

2.3. Description

Le caroubier est un arbre au feuillage dense et persistant, pouvant atteindre une hauteur de 7 à 10 mètres dans des conditions favorables. Ses racines robustes peuvent s'enfoncer jusqu'à 18 mètres ou plus dans le sol. Sa croissance est particulièrement lente, surtout au début de sa vie. Il peut produire des rejets de souche vigoureux et se distingue par ses branches solides et résistantes (**Ait Chitt et al, 2007**).

- **Racines :**

Cet arbre développe un système racinaire pivotant qui peut s'enfoncer jusqu'à 18 mètres de profondeur (Aafi, 1996 ; Gharnit, 2003).



Figure 2 : Système racinaire chez le caroubier (Yassine M., Gaouar S, 2017)

- **Feuilles**

Les feuilles persistantes, mesurant de 10 à 20 cm de longueur, se distinguent par un pétiole sillonné sur la face interne et un rachis portant de 8 à 15 folioles opposées de 3 à 7 cm. Elles sont coriaces, entières, ovales à elliptiques, paripennées, légèrement échancrées au sommet, avec une face supérieure vert sombre brillante et une face inférieure vert pâle (Ait Chitt et al, 2007).



Figure 3 : Feuille du caroubier (Yassine M., Gaouar S, 2017)

- **Feurs :**

Le caroubier est un arbre polygametrioïque, une dénomination donnée par Linné. D'un point de vue sexuel, *Ceratonia siliqua* L. se caractérise par l'existence de quatre types d'individus. Il est possible de rencontrer des arbres :

- **Mâles** avec des fleurs caractérisées par des étamines à filament longs et avec un pistil non développé. Ces pieds utilisés comme pollinisateurs sont habituellement nommés en espagnol "borrers" ou "judíos" (Albanell, 1990) ou aussi "bordes" (Melgarejo et Salazar, 2003)
- **Femelles** avec un pistil bien développé et des étamines rudimentaires ; ils sont les plus abondants
- **Hermaphrodites** à fleurs avec étamines et pistils bien développés
- **Polygames** avec des fleurs femelles, mâles et hermaphrodites, ils sont rares.



Figure 4 : Inflorescence mâle du caroubier (a) Inflorescence femelle Du Caroubier (b)(Yassine M., Gaouar S, 2017)

- **Fruits**

Les fruits, appelés caroubes, sont des gousses brun foncé à maturité, mesurant de 10 à 30 cm de long, 1 à 3 cm de large et 1 cm d'épaisseur. Elles contiennent 90 % de pulpe et 10 % de graines (voir Figure). La fructification commence à partir de l'âge de 6 ans et le développement des fruits est très lent, nécessitant 9 à 10 mois pour atteindre la maturité (Batlle, 1997).



Figure 5 : Fruit du caroubier (site 01).

Du fruit, on peut distinguer trois parties :

1. **Epicarpe** ou peau, de nature fibreuse et coloré ;
2. **Mésocarpe** ou pulpe, de nature charnue, riche en sucres. Il représente environ 70 à 95% du fruit entier ;
3. **Endocarpe**, de nature fibreuse il recouvre l'intérieur du fruit en le divisent en segments ou loges carpellaires où se situent les grains (**Caja, 1985**).

- **Graines**

Les graines se trouvent dans la gousse transversalement, séparées par le mésocarpe. Elles sont très dures et nombreuses, comprimées, ovales-oblongues, mesurant de 8 à 10 mm de long, 7 à 8 mm de large et 3 à 5 mm d'épaisseur (**Evreinoff, 1947 ; Batlle et Tous, 1997**).

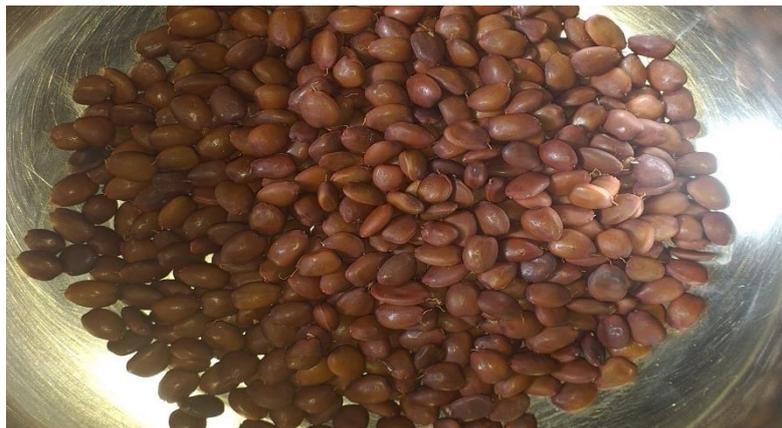


Figure 6 : Graines de caroubier (photo original)

La graine du caroubier est composée de trois parties (**Melgarejo et Salazar, 2003**) :

1. **Episperme** ou tégument : Il recouvre la graine et est principalement constitué de cellulose, de lignine et de tanins. Il se compose de deux enveloppes distinctes : l'une externe, appelée

testa, est colorée et dure, tandis que l'autre, interne, est nommée tegmen, plus blanche et plus molle. Le tégument représente 30 à 33 % de la graine.

2. **Endosperme** ou albumen : Situé sous l'épisperme, il constitue le tissu de réserve pour la germination de l'embryon. Sur le plan économique, c'est la partie la plus intéressante de la graine en raison de sa teneur élevée en galactomannane ou gomme de caroube. L'endosperme représente 42 à 46 % de la graine.

3. **Germe** ou embryon : Il représente 23 à 25 % de la graine.

2.4. La gomme de caroube

La gomme de caroube est principalement composée de galactomannanes, des polysaccharides de réserve présents dans l'endosperme translucide de nombreuses graines de plantes légumineuses, dont celles de caroube (**Daas et al, 2000**). Elle représente 40 à 50 % du poids de la graine et constitue la matière de base utilisée dans la fabrication de la gomme de caroube (**Neukom, 1988**). Divers procédés industriels permettent d'obtenir de la gomme de caroube à partir des graines de caroube (**Lopez Da Silva et Goncalves, 1990**).

Cependant, tous ces galactomannanes ont une structure générale similaire, constituée d'une chaîne principale de mannane sur laquelle des unités galactose sont ramifiées. Ces polymères hydrophiles forment des solutions stables et très visqueuses. Leurs interactions avec l'eau et d'autres polysaccharides sont à la base de leur utilisation industrielle répandue, en particulier dans l'industrie alimentaire (**Azero et Andrade, 2002**).

2.4.1. Composition chimique de la gomme de caroube

Galactomannane

Tableau 1: Composition chimique de la gomme (**Belitz et Grosch, 1999**)

Constituants	%
Galactomannanes	88
Autres polysaccharides	5
Protéine	6
Cendre	1
Fibre brute	0,8–1,0

Les galactomannanes sont des hémicelluloses qui présentent une haute masse moléculaire, située entre 30 000 et 300 000 g/mol (**Mccleary, 1979 ; Moreira et Filho, 2008**). Ils sont constitués d'une chaîne principale de résidus D-mannopyranoses liés en β -(1→4), sur laquelle se greffent des résidus D-galactopyranoses uniques grâce à une liaison de type α -(1→6) (**Mccleary, 1980 ; Moreira et Filho, 2008**).

Les propriétés fonctionnelles des galactomannanes, à l'instar des autres polysaccharides, dépendent de leur comportement en milieu aqueux (**Brak et Mugdil, 2014**). La gomme de caroube est partiellement soluble dans l'eau froide et nécessite un chauffage pour une solubilisation complète (**Dakia et al, 2008**).

Selon (**Herald, 1986 ; Pollard et al, 2007**), sa solubilité dépend de la granulation (dimension des particules). La viscosité de la gomme de caroube est influencée par plusieurs facteurs tels que le poids moléculaire, la concentration, la vitesse de cisaillement et le procédé de solubilisation. Elle est considérée comme moins visqueuse comparée à d'autres gommes comme la gomme d'agar et la gomme de xanthane (**Barak et Mugdil, 2014**).

2.4.2. Extraction de la gomme de caroube

Les graines de caroube sont difficiles à traiter en raison de la dureté de leur tégument. Grâce à des procédés spéciaux, elles peuvent être pelées sans endommager l'endosperme ni le germe. La gomme de caroube peut être extraite par des traitements thermiques (torréfaction), par l'eau bouillante ou par l'acide sulfurique (H_2SO_4) (**Dakia et al., 2007 ; FAO, 2016**).



Figure 7 : Etapes d'extraction de la gomme de caroube (site 02)

2.5. Utilisation des graines de caroube

Les dérivés de la graine de caroube, grâce à leurs vertus thérapeutiques, trouvent de nombreuses applications, notamment dans les domaines des cosmétiques et de la conservation des aliments. Un récapitulatif des différents usages des dérivés de la graine de caroube est présenté dans le tableau suivant.

Tableau 2 : Les produits dérivés de la graine de caroube et leurs applications

Application	Dérivé	Produits	Références
Alimentaire	Endosperme		
	Gomme de graines de caroube purifiée (GGC) (ou poudre d'endosperme purifié)	E410 : Additif alimentaire en industrie agroalimentaire (agent gélifiant, Liant, agent d'adhésion)	(Batlle, J. Tous, 1997)
Industriels	GGC de moindre Pureté	<ul style="list-style-type: none"> • Pharmaceutiques (pommade, anticoagulant..) • Cosmétiques (Mousses, gels...) • Textiles (Epaississant de couleurs) • Papier (produits de flottaison, épaississant) • Chimiques (couleurs, pesticides) • Des explosifs (agent Absorbant de l'humidité) 	(Calixto et Canellas, 1982 ; Sandolo et al, 2007)

Chapitre 3

Matériels végétales utilisées

Chapitre 3 : Matériels végétales utilisées

3.1. Chêne vert (*Quercus ilex* L)

3.1.1. Définition

.Le chêne vert, est connu sous le nom de chêne yeuse (*Quercus ilex* L.), domine dans la région méditerranéenne, étant l'espèce la plus répandue et la plus distinctive (Quézel, 1976). Il est classé dans le genre *Quercus* de la famille des Fagacées, appartenant à l'ordre des Fagales.



Figure 8 : Chêne vert (site 03)

3.1.2. Position systématique

D'après Nixon (1993), la classification de cette plante est la suivante:

Règne : Plantae

Embranchement : Spermatophyta

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous classe : Archichlamydeae

Ordre : Fagales

Famille : Fagaceae

Genre: *Quercus*

Espèce: *Quercus ilex* L.

3.1.3. Répartition géographique du chêne vert

Selon (Tutin et al, 1964), le chêne vert est originaire de la région méditerranéenne et s'étend jusqu'au nord et au bassin de la Loire. En dehors de cette région, il est cultivé et parfois naturalisé, notamment dans le nord de la France et le sud de l'Angleterre. Les forêts de chêne vert s'étendent pratiquement sur tout le bassin méditerranéen. Cependant, c'est dans la partie occidentale de la Méditerranée qu'il est le plus répandu.

Chapitre 3 : Matériels végétales utilisées

En Algérie, le chêne vert occupe une très grande partie de la surface forestière, étant largement répandu, en particulier dans la partie occidentale. Selon (**Dahmani-Megrerouche, 2002**), il couvre une vaste superficie.



Figure 9 : Distribution géographique du Chêne vert (*Q. ilex.*) en Algérie selon (**Dahmani ,2002**)

3.1.4. Caractéristiques biologique

Plusieurs activités biologiques et pharmacologiques des produits issus de *Quercus ilex* L ont été décrites à travers diverses études scientifiques (Tableau). Cependant, Écorce est astringente (grâce à sa richesse en tanins), ce qui en fait un excellent remède topique pour combattre l'eczéma et diverses autres maladies cutanées. Généralement bien tolérée par la peau, elle ne provoque pas d'irritation. Elle est aussi antiseptique, anti-inflammatoire et hémostatique.

Tableau 3 : Quelques effets biologiques et pharmacologiques de *Quercus ilex* L

Effet	Parties étudiés	Référence
Antibactérien	Extrait de l'écorce	(Berahou et al., 2007)
Antioxydant	Ecorce et feuilles	(Chevolleau-Mege et al., 1993)
Antiulcéreux	Ecorce	(Djidel et al., 2010)
Cicatrisant	Ecorce	(Farzaei et al., 2014) (Cárdenas et al., 2014)
Esthétique (cheveux, gencive, peau)	Glands	(Sarri et al., 2014)
Anti-diarrhéique	Gale	(Farzaei et al., 2014)

3.2. *Inula Viscosa* L.

3.2.1. Définition

Inula viscosa L. est une plante annuelle à caractère herbacé, présentant une texture visqueuse et glanduleuse (**Bakkara et al, 2008**). Elle peut atteindre de 50 cm à 1m de hauteur et présente des capitules à fleurs jaunes très nombreux au sommet de la tige (**Benhammou et Bekkara, 2005**). Cet arbuste vivace prospère dans les champs sauvages des régions environnant le bassin méditerranéen, ainsi que dans les collines, les zones humides et le long des routes. Il préfère les sols secs et calcaires (**Baytop, 1984 ; Wenqiao et al, 2004**).



Figure 10 : *Inula viscosa* L. (**Bar-Shalom R, 2019**).

3.2.2. Nomenclature et Taxonomie

Inula viendrait du grec : Inéo qui signifie « je purge » (allusion à une propriété thérapeutique de la plante). *Viscosa* veut dire visqueuse (**Fauron et Moati, 1983**).

Selon **Quezel et Santa (1963)**, la systématique est comme suite :

Règne : *Végétale*

Sous Règne : *Tracheobionta ou plantes vasculaires*

Sous embranchement : *Angiosperme*

Classe : *Magnoliopsida ou dicotylédones*

Sous classe : *Asteridae*

Ordre : *Asterales*

Famille : *Asteracées(composées)*

Genre : *Inula* L.

Espèce : *InulaViscosa* L. Ait

Synonymie : *Dittrichiaviscosa* L. Greuter

Chapitre 3 : Matériels végétales utilisées

3.2.3. Répartition géographique

L'inule visqueuse est principalement présente en région méditerranéenne, où elle colonise les bords de chemins, les décombres, les terrains abandonnés, les jachères, les arrières-dunes ou les garrigues bien dégagées. Elle affectionne particulièrement les milieux récemment perturbés par des travaux ou des incendies. On la trouve aussi bien sur des sols argileux que sableux.

En Algérie, cette espèce est généralement localisée dans les régions de moyenne altitude du Tell, notamment dans les garrigues et les zones rocheuses, ainsi que dans les terrains argileux humides (**Quezel et Santa 1963**).

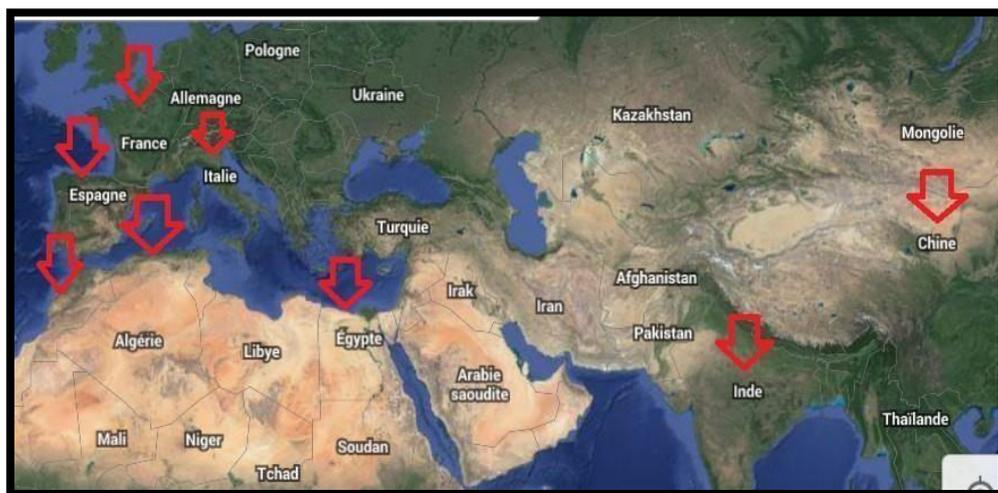


Figure 11 : Répartition géographique d'*Inula viscosa* L. (**Atika et Lamia, 2019**).

3.2.4. Caractères biologiques d'*Inula viscosa* L

Les Inules sont largement exploitées dans la médecine traditionnelle. Au Japon, elles sont utilisées comme remède familial, souvent sous forme de tisane. En Europe, elles sont reconnues pour leurs propriétés diaphorétiques, tandis qu'à Taïwan et en Chine, elles sont utilisées comme agent thérapeutique contre la tuberculose et les affections gastro-intestinales chroniques. En outre, elles sont réputées pour leurs propriétés antiseptiques, antibiotiques, antispasmodiques, anti-inflammatoires et antidiabétiques (**Al-Yahya et al, 1998 ; Lastra et al, 1998**).

Une étude menée par (**Benayache et al, 1991**) sur les parties aériennes d'*Inula viscosa* L. a montré sa richesse en flavonoïdes, en terpènes et en lactones sesquiterpéniques. Différents effets pharmacologiques en thérapeutique médicale ont été cités dans plusieurs études scientifiques :

Chapitre 3 : Matériels végétales utilisées

- Effet antipyrétique (**Fournier et Live, 1947**).
Effet antitussif contre les spasmes bronchiques. (**Benayache et al, 1991**).
- Effet antiseptique au niveau des appareils respiratoires et génito-urinaire (**Fournier et Live, 1947**).
- Effet cicatrisant de traitement des brûlures expérimentales chez les lapins. (**Chari, 1999 ; Susplugas et al, 1980**).
- Effets différents sur l'appareil digestif : antiémétique, améliore l'appété et contre l'atonie gastro-intestinale. (**Lastra et al., 1993**).
- Effet anti-inflammatoire. (**Al-Dissi et al, 2001 ; Barbetti et al, 1985**).
- Effet antifongique et contre différentes moisissures (**Benhammou et Bakkara, 2005**)

Tableau 4 : Usages traditionnels d'espèces *Inula viscosa* L.

Partie utilisée	Mode de préparation	Maladies traitées	Références
Feuilles	Décoction	Les abcès, la gale, les dermatoses, les ulcères, les gerçures et comme cicatrisants des plaies cutanées	(Hmamouchi.,2001)
Racine	Décoction	L'hypertension, la tuberculose, les affections, poitrinaires, les infections respiratoires et bronchiques	(Bellakhdar, 1997)
Partie aérienne	Décoction	Le diabète et les pathologies cardiovasculaires	(Eddouks et al., 2002)
Partie aérienne	Décoction, infusion et en poudre	Les allergies, l'asthme et l'inflammation	(El Hamsas et al., 2016)
Feuilles et tiges	Cataplasme	Les maladies cardiovasculaires, le diabète et les pathologies du système digestif	(Jamila et Mostafa., 2014)
Feuilles	Décoction	Les pathologies gastro-intestinales	(Teixidor et al., 2016)
Feuilles	Décoction	Antidiarrhéique et contre la fièvre typhoïde	(Benlamdini et al., 2014)

3.3. La tomate cerise

3.3.1. Généralité

La tomate cerise, également connue sous le nom scientifique (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*), est largement prisée à travers le monde pour ses caractéristiques distinctives. Sa petite taille, sa texture ferme et sa saveur intense en font un fruit très apprécié, se distinguant nettement des variétés de tomates régulières. De plus, ses propriétés physico-chimiques sont remarquables, notamment sa concentration élevée en antioxydants et en vitamine C. Parmi les principaux caroténoïdes qu'elle renferme, on compte le phytoène, le phytofluène, la lutéine, le β -carotène et le lycopène, qui sont des composés à base de tétraterpènes. Le lycopène et le β -carotène agissent comme des antioxydants lipophiles naturels, largement reconnus pour leur capacité à prévenir diverses maladies. (Liu et al, 2019 ; Londono-Giraldo et al, 2020).

3.3.2. Définition et classification botanique

La tomate cerise, variété de tomate à petits fruits aux formes et couleurs variées, est principalement consommée fraîche. Avec son goût sucré et ses nombreux avantages nutritionnels, elle est très appréciée. Généralement ronde et pesant entre 10 et 30 g, elle se distingue par sa couleur et sa saveur intenses. De plus, la tomate cerise est bénéfique pour la santé humaine en raison de sa teneur élevée en composés antioxydants et phytochimiques.

Solanum lycopersicum var. *cerasiforme* plus connu sous le nom de tomate cerise a pour systématique (Farah , 2020) :

Embranchement : Spermatophytes ou Spermatophytes

Sous Embranchement : Angiospermes

Classes : Eudicots évoluées dites Asteridées

Sous-classe : Euastéridées I

Ordre : Solanales

Familles : Solanacées

Genre : *Solanum*

Espèce: *Solanum lycopersicum*

Variété : *cerasiforme*

3.3.4. Composition chimique de la tomate

Une tomate mure est composée d'environ 93 à 95 % d'eau soit 5 à 7% de matière sèche. Environ la moitié de la matière sèche est composée de sucres (glucose et fructose

Chapitre 3 : Matériels végétales utilisées

essentiellement) un quart d'acides organiques, d'acides aminés, de minéraux et de lipides, et un quart de protéines, pectines, cellulose et hémicellulose (**Dominique et al, 2000**).

3.3.5. Production mondiale

En 2016, la production mondiale de tomates s'est élevée à 177 millions de tonnes, représentant une augmentation d'environ 30 % par rapport à dix ans auparavant. Cette croissance a conduit à la culture de près de 5 millions d'hectares de tomates à travers le monde. En moyenne, cela équivaut à une récolte de 3,7 kilogrammes par mètre carré de terrain cultivé. (**Renuka et Sadashiva, 2016**). Les principaux producteurs mondiaux de tomates incluent la Chine, l'Inde, le Mexique, les États-Unis, l'Espagne et le Maroc. Malgré l'introduction de nouveaux produits qui ont gagné des parts de marché considérables, l'innovation n'a pas encore significativement stimulé la demande globale de tomates. La popularité de la Tomate Cerise, destinée à des utilisations plus spécifiques, pourrait potentiellement élargir cette demande, cependant, elle reste généralement un produit associé à un pouvoir d'achat plus élevé. (**Hassan et Monier-Dilhan, 2009**).

3.3.6. Production locale

En Algérie, la Tomate Cerise reste largement méconnue des consommateurs locaux, ce qui explique sa rareté sur le marché, principalement due à l'importation. Bien que sa culture soit facile et souvent productive, elle n'a pas encore acquis une grande popularité dans le pays. Sa petite taille, qui lui vaut son nom, en fait pourtant une variété de tomate adaptée aux conditions naturelles favorables de notre pays. Malgré cela, peu d'agriculteurs se lancent dans sa culture dans des exploitations telles que celles de l'Oued et de Biskra, ainsi que dans d'autres exploitations privées. Sur les hauteurs de Hammam Melouane, dans la wilaya de Blida, quelques familles se tournent vers une culture biologique de cette variété. (**Benzerga et Hammam, 2015**).

Partie expérimentale

Matériel et méthodes

Notre étude expérimentale a été réalisée au sein du centre Universitaire Abdelhafid Boussouf Mila au niveau des laboratoires pédagogiques. L'objectif visé par la présente étude est l'amélioration de la conservation de la tomate cerise par une nouvelle technique de conservation c'est l'enrobage dans des gels bios (gomme de caroube).

Le travail pratique est subdivisé en 3 parties les suivantes :

- Extraction et purification de la gomme à partir de l'endosperme des graines de caroube et l'essai de l'élaboration d'un emballage comestible.
- Détermination de l'activité antioxydant et antimicrobienne des extraits de deux plantes utilisées (*Quercus ilex* L. et *Inula viscosa* L.).
- Essai de conservation de la tomate cerise par le gel d'enrobage à base de la gomme de caroube additionné ou non d'extraits des deux plantes.

1. Extraction et purification de la gomme de caroube

1.1. Extraction

Le matériel végétal est constitué de gousses de caroube a été achetée de d'un herboriste de Grarem Gouga. L'extraction de la gomme de caroube nécessite plusieurs étapes et un travail judicieux. La gomme non purifiée brute est préparée après avoir séparé la cuticule et le germe de l'endosperme. L'extraction a été réalisée selon protocole décrit par (Dakia *et al*, 2007) en suivant les étapes suivantes :



A

B

Figure 12 : A) Photographie des fruits (gousses) ; B) Photographie des graines de caroube.
(photo original)

Traitement à l'eau bouillante

La séparation de l'endosperme constitue le traitement primaire dans le processus de l'extraction de la gomme. 100g de graines sont additionnés d'un volume d'eau bouillante (800 mL), le mélange est chauffé à 100°C sous agitation pendant 1 h.

➤ Lavage et décorticage

Les graines ont été récupérées, lavées avec de l'eau distillée, après refroidissement à température ambiante la cuticule et le germe ont été éliminés manuellement.

➤ Séchage et broyage

Les endospermes ainsi récupérés ont été lavés et séchés dans un four à 100°C pendant 1 à 2 h, puis broyés. La poudre obtenue est de couleur jaunâtre « gomme de caroube brute » non purifiée(GCB).

➤ Tamisage

La poudre obtenue après broyage a été tamisée avec un tamiseur afin d'éliminer les impuretés présentes dans la poudre.



Figure 13 : les étapes d'extraction de la gomme de caroube(photo original)

1.2.Purification

Les traitements de purification, également connus sous le nom de clarification, sont effectués pour éliminer les odeurs de la farine brute, les impuretés et les enzymes endogènes présentes dans la gomme de caroube (**Lopez Da Silva et al., 1990**).

Selon le protocole décrit par (**Dakia et al, 2008**), le protocole consiste à mettre 5g de la gomme brute dans un volume de 250 ml d'eau distillée. Chauffer à 80°C pendant 30 minutes. Le mélange est versé dans des tubes et laisser toute une nuit à température ambiante, ensuite centrifugé pendant 30 minutes à 4500 tours par minute. Le surnageant est ensuite récupéré, précipité avec l'éthanol qu'on laisse décanter toute une nuit, ce dernier est ainsi récupéré et séché à une température de 40°C jusqu'à la stabilisation de la masse. L'opération se termine par un broyage avec un broyeur électrique.



Figure 14 : les étapes de purification de la gomme brute de caroube (photo original)

2. Préparation et caractérisation des extraits aqueux de chêne vert et Magramane

2.1. Matériel végétal

2.1.1. *Quercus ilex* L (Chêne vert)

Les racines du chêne vert utilisées proviennent de la région de Ouledkhoulouf, située dans la wilaya de Mila (altitude 1097,2 m). La récolte a été effectuée en mois de décembre 2023.

Les racines ont été lavées, séchées à l'ombre pendant plus de 3 semaines, les graines ont été ensuite séparées des pulpes. Récupérées, concassées et broyées, la poudre obtenue a été tamisée puis conservée.



Figure 15 : *Quercus ilex* L. (Chêne vert) (Abderrahim et al., 2021).

2.1.1. *Inula viscosa* L (Magramane)

La plante a été récoltée dans la région de Boufouh de la wilaya de Mila au mois de Mars 2024. Seules les plantes murs et intact ont été sélectionnés pour cette étude. Les parties aériennes de la plante ont séchées à température ambiante et à l'ombre pour mieux conserver les molécules sensibles à la chaleur. Après le séchage, les plantes ont été broyées en poudre fine à l'aide d'un broyeur électrique et tamisée avec un tamis. Les poudres sont conservées dans des flacons hermétiques en verre, à température ambiante, à l'abri de la lumière et de l'humidité jusqu'aux leurs utilisations.



Figure 16 :*Inula viscosa* L.(Magramane) (photo original)

2.2. Préparation des extraits

Les composés phénoliques ont été extraits à partir des poudres des plantes avec de l'eau chaude. L'extraction aqueuse à l'aide de l'eau distillée chaude a été effectuée selon le protocole de **(Konkon et al, 2006)**.

Dix (10) grammes de la matière végétale broyée a été ajouté à un volume de 200 ml d'eau distillée. Après une agitation manuelle, le mélange a été chauffé au bain-marie à 77 °C pendant 20 minutes. Il a été ensuite filtré sur papier filtre après avoir laissé refroidir à température ambiante. La procédure a été répété trois fois (fraction retenue par le filtre dans 200 ml eau distillée chaude). Enfin, Les trois filtrats obtenus ont été placés dans des boites de pétri et séchés dans une étuves à 45°C.



Figure 17 : Les étapes de préparation d'extract du chêne vert (photo original)

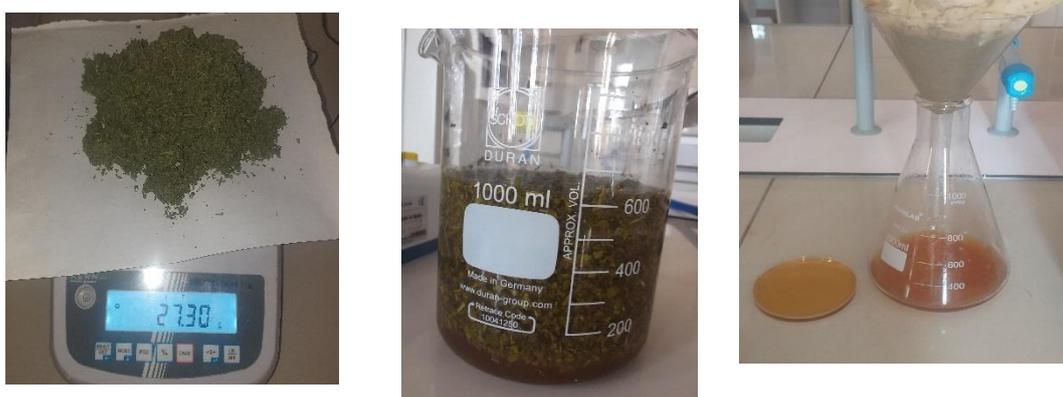


Figure 18 : Les étapes de la préparation de l'extract de Magramane (photo original)

2.3. Evaluation de l'activité antioxydante des extraits

Le pouvoir antioxydant des extraits des plantes a été testé par la méthode qui utilise le DPPH (2,2-Diphényl Picryl-Hydrazyl) comme un radical libre relativement stable et présentant une absorbance caractéristique à 517 nm.

Afin d'étudier l'activité antiradicalaire des extraits de deux plants nous avons utilisé la méthode basée sur le DPPH (1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl) comme un radical relativement stable, selon le protocole décrit par **Sanchez-Moreno (2002)**. Brièvement, 50 μ l de différentes concentrations des solutions des extraits aqueux ou de standard (acide ascorbique) (1mg /ml, 0,5mg/ml, 0,25mg/ml, 0,125mg/ml, 0,0625mg/ml) est ajouté à 1.96 mL de DPPH à (4mg/100ml). La lecture de l'absorbance est faite à 517 nm après 30 mn d'incubation dans l'obscurité. Les essais sont repris au moins trois fois. L'activité de radical DPPH a été calculée comme suit :

$$I\% = [(A517 \text{ control} - A517 \text{ échantillon})/A517 \text{ control}] \times 100$$

Sachant que :

A517 control : est l'absorbance de la réaction de control (contenant tous les réactifs excepté l'échantillon d'essai).

A517 échantillon : est l'absorbance des extraits ou de la référence.

% I : pourcentage d'inhibition

Calcul des IC₅₀

En faisant varier la concentration des extraits et en calculant pour chaque concentration le pourcentage d'inhibition correspondant, nous avons établi une régression linéaire entre les différentes concentrations et les pourcentages d'inhibition. A partir de cette régression, nous avons déduit la valeur correspondante d'IC₅₀ (concentration inhibitrice de 50 %), qui correspond à la concentration de l'échantillon testé nécessaire pour réduire 50% de radical DPPH. L'acide ascorbique est utilisé à titre de comparaison

2.4. Evaluation de l'activité antibactérienne des extraits

L'évaluation des activités antibactérienne a été réalisée par la méthode de diffusion en gélose dite méthode de diffusion sur disques (Alzoreky et Nakahara, 2003).

L'activité antibactérienne a été testée vis-à-vis deux bactéries. Il s'agit de deux bactéries d'origine alimentaire l'une à coloration de Gram positive (*Staphylococcus aureus*) et l'autre à Gram négatif (*Salmonella typhimurium*).

2.4.1. Préparation des inocula bactériens

Pour chaque bactérie, un inoculum a été préparé à partir d'une culture de 18 heures sur milieu gélose nutritive « GN ». La densité cellulaire de cet inoculum a été ajustée par dilution dans de l'eau physiologique stérile de façon à obtenir une densité optique comprise entre 0,08 à 0,1 pour une longueur d'onde de 625 nm (approximativement 10⁶ UFC/ml) (CA-SFM, 2003).

2.4.2. Mise en évidence de l'activité antibactérienne

Les disques de 6 mm de diamètre préparés à partir du papier Wathman N° 3 sont déposés sur les boîtes de Pétri contenant du milieu Mueller Hinton préalablementensemencé par écouvillonnage avec les bactéries testées. Ces disques reçoivent des volumes de 10µl depuis chaque dilution de l'extrait au centre du disque (50 mg /ml, 25 mg /ml, 12,5 mg /ml, 6,25 mg /ml). Les boîtes sont laissées une heures sur la paillasse pour permettre une pré-diffusion des substances bioactives.. La lecture des résultats est réalisée après incubation à 37°C pendant 18 heures à 24 heures (Mehani et Segni, 2014).

Matériel et méthodes

L'expérience est répétée 2 fois pour chaque espèce bactérienne afin de minimiser l'erreur et assurer un bon déroulement de cette méthode. Toute zone d'inhibition de croissance autour des disques est considérée comme résultat positif.

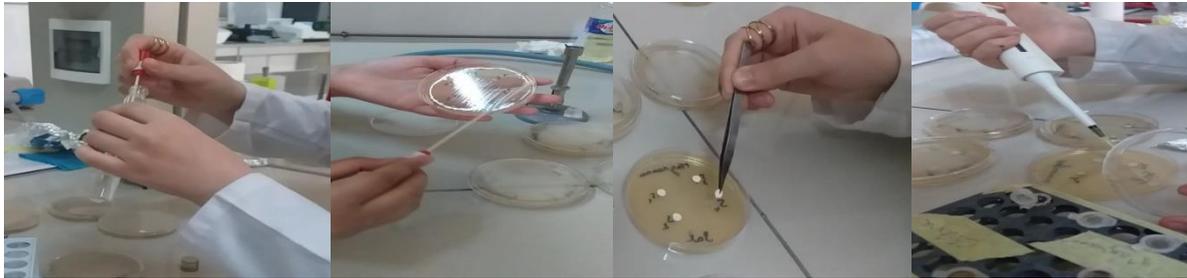


Figure 19 : Les étapes de la réalisation de l'activité antimicrobienne

3. Essai de conservation de la tomate cerise par le gel d'enrobage à base de la gomme de caroube additionné d'extraits des deux plantes.

3.1. Préparation de l'enrobage

L'enrobage est formulée dans de l'eau distillée (100ml) avec 1g de la gomme purifiée et 0,5g de glycérol, le mélange chauffé avec agitation jusqu'à la dissolution complète de la gomme. La même méthode a été utilisée pour préparer l'enrobage bioactif, seulement des concentrations des extraits aqueux de Chêne vert et Magramane (1 mg/ 10ml, 2 mg/10 ml) ont été dissoutes dans le gel d'enrobage à froid.

3.2. Traitement préliminaire des tomates

Les fruits de tomate qui ont servi aux essais de conservation ont été récoltés de la région d'Oued souf. Une quantité d'environ 4 kg de fruits mûrs, fermes et sains a été sélectionnée au hasard et transportés avec précaution au laboratoire. Trois Cent (300) fruits de tomates au total ont été sélectionnés et désinfectés par trempage pendant 30 minutes dans une cuve contenant de l'eau additionnée d'eau de javel. Les fruits ont été ensuite rincés dans l'eau puis séchés par du papier.

3.3. Application de l'enrobage

Les fruits de tomates ont subi un enrobage par la gomme de caroube en une seule couche et à l'air libre et à la température ambiante (25 °C).

La technique utilisée ici a consisté à enrober six (6) lots de vingt-neuf (29) fruits de tomates sains d'une couche de gomme (Tableau 5). Les fruits ont été plongés dans la gomme contenu dans des béchers, retirés puis disposés en une seule couche et de façon espacée dans une barque en verre peu profonde. Les tomates ont été stockées à température ambiante, dans un endroit moins chaud et à l'abri des rayons du soleil (Figure 20).

Matériel et méthodes

Notons qu'à l'intérieur de la barque, il a été préalablement disposé du papier sur toute la surface afin d'éviter toutes contaminations microbiennes extérieures.

Des observations ont été effectuées pour tous les lots chaque jour jusqu'au ramollissement, au flétrissement ou à l'apparition de mycoses. À chaque observation, il a été retiré une quantité de trois (3) fruits par lot. Ces fruits ont été par la suite soumis à l'analyse des paramètres physicochimiques décrits ci-dessous. Il est important de souligner qu'une analyse préalable a été aussi effectuée sur quelques fruits afin de déterminer les caractéristiques initiales des différents lots. Pour l'évaluation de la perte de masse, trois (3) autres fruits ont été sélectionnés, par lot et par type d'enrobage et marqués afin de les distinguer des autres. L'évaluation a été potée sur ces mêmes fruits tout au long du procédé.

Tableau 5 : Les lots des tomates enrobées

Lot 1	Lot 2	Lot 3	Lot 4	Lot 5	Lot 6
Témoin (tomates non enrobées)	Tomates enrobées par la gomme	Tomates enrobées (gomme + 1 mg extrait de chêne vert)	Tomates enrobées (gomme + 2 mg extrait de chêne vert)	Tomates enrobées (gomme + 1 mg extrait de Magramane)	Tomates enrobées (gomme + 2 mg extrait de Magramane)





Figure 20 : a) Enrobage par la méthode de trempage. B) séchage à l'air libre des tomates enrobées

3.4. Évaluation des paramètres morphologiques et physicochimiques

3.4.1. Durée de conservation

La durée de conservation des fruits de tomate a été évaluée par le temps s'écoulant entre le début d'incubation (mise en conservation) et l'apparition des symptômes de nécroses tissulaires manifestées par un ramollissement, le flétrissement ou l'apparition de mycoses. Les observations se sont faites sur chaque lot de produit.

3.4.2. Perte de masse

La perte de masse (% M) des fruits de tomate (fruits marqués) a été évaluée par des pesées successives chaque jour (sauf les weekends) à l'aide d'une balance de précision et calculée selon la formule ci-dessous. Cette perte de masse a été évaluée sur un échantillon de trois tomates durant la période de stockage.

$$Pm (\%) = (M/MI) * 100$$

Pm : pourcentage de perte de masse

M : moyenne des masses du jour n des tomates

MI : moyenne des masses initiales des tomates

3.4.3. Détermination du pH

Le pH est un d'indicateur de qualité biologique et chimique du produit à analyser. La mesure du pH est basée sur la détermination en unité pH de la différence de potentiel existant entre deux électrodes en verre plongées dans une tomate échantillon. Pour chaque échantillon, le pH a été mesuré à l'aide d'un pH mètre

3.4.4. Détermination de l'acidité

Le principe de la méthode consiste à un titrage de l'acidité avec une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) en présence de phénolphthaléine comme indicateur coloré.

L'acidité titrable a été réalisée selon le protocole décrit par **Rajeev et Kok (2017)**. Une quantité d'échantillon (1g) est additionnée à 20mL d'eau distillée, la solution obtenue est homogénéisée. Pour déterminer l'acidité de chaque échantillon on ajoute quelques gouttes de phénolphthaléine à la solution préparée puis on titre avec une solution d'hydroxyde de sodium NaOH (0,1N) jusqu'à l'apparition du virage de couleur.

$$\text{Acidité (g/100g)} = V.N(\text{NaOH}) \cdot \text{EQ (A.C)} \times 100/ m$$

D'où :

V : chute de burette (NaOH ml)

N : normalité de NaOH. 0,1

EQ(A.C) :équivalent gramme d'acide citrique (0,064).

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



Figure 21 : Mesure d'acidité

4. Traitement statistiques

L'analyse statistique a été effectuée avec le logiciel ExelStat. Les données ont été soumises à une analyse de la variance (ANOVA) pour déterminer les éventuelles différences entre les traitements. La différence significative a été évaluée en utilisant l'ajustement de Tukey pour les comparaisons multiples à $P \leq 0,05$. Trois essais ont été effectués pour chaque expérience mentionnée dans ce travail.

Résultats et discussion

Résultats et discussion

1. Activité antioxydante

Les activités antiradicalaires des extraits de *Quercus ilex* L et *Inula viscosa* L. ont été évalué en utilisant le DPPH comme un radical libre relativement stable. Il semble que le pourcentage d'inhibition du radicale libre augmente avec l'augmentation de la concentration des dilutions, soit pour l'acide ascorbique ou pour l'extrait aqueux des deux plantes (figure 22).

Les résultats enregistrés révèlent que le pouvoir antioxydant de nos extraits augmente de façon dose dépendante avec une pente importante. La pente enregistrée reste néanmoins plus faible que celle de la courbe de l'acide ascorbique.

Pour une concentration de 1mg/ml l'extrait aqueux d' *Inula viscosa* L, *Quercus ilex* L et l'acide ascorbique ont révélé un pourcentage d'inhibition du radical DPPH de 85.48%, 84.81% et 89.26% respectivement.

Nos résultats de l'activité antiradicalaire sont proches de ceux obtenus par **Adnan (2010)**, ce dernier a constaté que l'extrait méthanolique de la plante *Inula viscosa* L. possède une activité antioxydant de 64.28 % à la concentration de 0.05mg/ml.

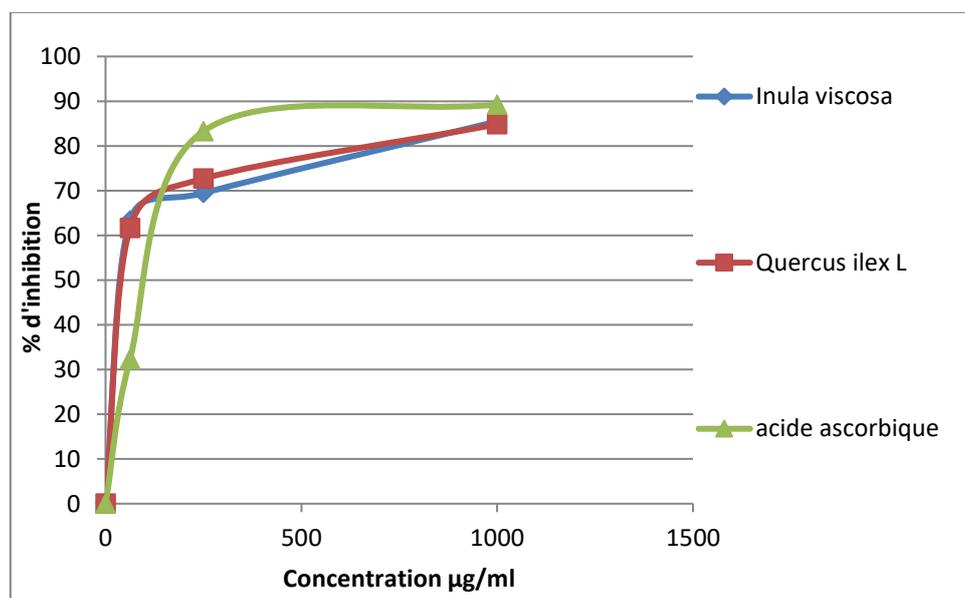


Figure 22 : Effets scavenger contre le radical DPPH de l'extrait aqueux

Pour mieux caractériser le pouvoir antioxydant, le paramètre IC_{50} est introduit. L' IC_{50} est inversement lié à la capacité antioxydant d'un composé, car il exprime la quantité d'antioxydants nécessaires pour diminuer la concentration du radical libre de 50%. Plus la valeur d' IC_{50} est basse, plus l'activité antioxydante est élevée. Les IC_{50} trouvées sont représentées dans la figure 23.

Résultats et discussion

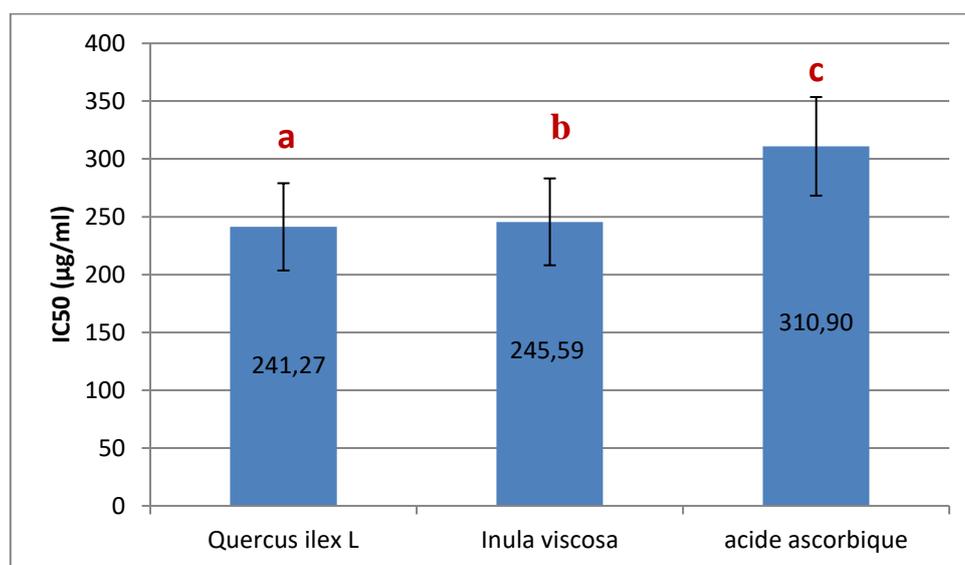


Figure 23 : IC₅₀ des extraits des plantes étudiées

Les résultats obtenues montrent une activité anti radicalaire considérables pour les extraits aqueux des deux plantes avec des IC₅₀ de l'ordre de 245.59 µg/ml et 241.27µg/ml pour *Inula viscosa* L. et *Quercus ilex* L. respectivement ($p < 0.05$). L'acide ascorbique (IC₅₀ = 310.90 µg/ml) a montré un pouvoir antioxydant inférieur à celui des extraits des deux plantes ($p < 0.05$).

Les chercheurs ont rapporté que l'activité antioxydant d'*Inula viscosa* L. a différentes valeurs d'IC₅₀ (Chahmi et al., 2015 ; Mahmoudi et al., 2016 ; Salim et al., 2017 ; Kheyar-Kraouche et al., 2018).

Mahmoudi et al. (2016), ont montrés que la concentration efficace d'inhibition radicalaire d'ABTS à 50% de l'Inule visqueuse est d'ordre de 16,75 µg/ml, et qui est largement inférieure à celle obtenue dans notre étude (245.59 µg/ml).

L'activité antioxydante élevée de l'extrait méthanolique est attribuée à sa richesse en polyphénols et en flavonoïdes, ces composés sont connus par leur capacité de réduire les radicaux libres par un transfert d'atome d'hydrogène à partir des groupements hydroxyle.

En raison d'une forte corrélation entre les teneurs en polyphénols et l'activité antioxydante totale, la diminution des teneurs en des différentes substances bioactives affecte négativement l'activité antioxydante de l'extrait végétale (Rodriguez et al, 2016).

Dallalia et al (2021) ont trouvé que les extraits Méthanolique des feuilles de *Quercus ilex* L ont montré une forte action de piégeage des radicaux libres DPPH, avec une valeur de IC₅₀ variant de 102,66 à 134,83 µg/ml.

Résultats et discussion

2. Activité antimicrobienne

L'étude de l'activité antibactérienne de différents extraits de notre plante a été réalisée par la méthode de diffusion sur milieu gélosé. Cette méthode nous permet une estimation qualitative de l'effet antibactérien des extraits en mesurant les diamètres de la zone d'inhibition (mm) des disques contenant un volume d'extrait aqueux du *Quercus ilex* L et *Inula Viscosa* L à des concentrations de (50 mg /ml , 25 mg /ml , 12,5 mg /ml , 6,25 mg /ml) .

Cette méthode repose sur la diffusion des composés antimicrobiens en milieu gélosé après un certain temps de contact entre l'extrait et la bactérie testé. Le résultat de la diffusion en disque est évalué en mesurant le diamètre de la zone d'inhibition autour du disque. Ce diamètre est proportionnel à la sensibilité de la bactérie à l'agent antimicrobien contenu dans le disque. (Matuscheket *al*, 2018).

Selon DeBillerbeck (2007), la sensibilité d'un germe est nulle pour un diamètre inférieur ou égal à 6 mm, la sensibilité est intermédiaire pour un diamètre compris entre 6 et 13mm, et la sensibilité est élevé pour un diamètre supérieur à 13mm. Les tests antibactériens ont été évalués vis-à-vis des souches bactériennes pathogènes d'origine alimentaire (*Salmonella typhimurium* et *Staphylococcus aureus*).

Le tableau 6 et les figures 24 et 25 extrapolent les résultats obtenus relatifs aux diamètres des zones d'inhibition révélés par l'extrait aqueux des feuilles en utilisant le test de l'aromatogramme.

Tableau 6 : Activité antimicrobienne des extraits aqueux d'*Inula viscosa* L et de *Quercus ilex* L. sur les deux bactéries testées (diffusion en mm par disque)

	Les bactéries	Les diamètres des zones d'inhibition (mm)			
		50(mg/ml)	25(mg/ml)	12,5(mg/ml)	6,25(mg/ml)
<i>Quercus ilex</i> L. (chêne vert)	<i>Staphylococcus aureus</i>	–	8,26± 0,61	–	–
	<i>Salmonella Typhimurium</i>	8,375±0,165	8,14± 0,23	–	8,175± 0,125
<i>Inula Viscosa</i> L. (Magramane)	<i>Staphylococcus aureus</i>	8,26± 0,08	–	–	–
	<i>Salmonella Typhimurium</i>	–	–	–	–

Résultats et discussion

D'après les résultats obtenus, il apparaît que l'extrait aqueux d'*Inula viscosa* L. semble avoir une action inhibitrice légère sur la croissance de *Staphylococcus aureus* (bactérie à gram positif) avec un diamètre d'inhibition moyen de $(8,26 \pm 0,08)$ mm pour la concentration de 50 mg/ml et aucun effet pour les autres concentrations (25 mg/ml ; 12,5mg/ml ; 6,25mg/ml). Aucun effet antimicrobien n'a pu être décelé sur *Salmonella Typhimurium* (bactérie à gram négatif).

Il existe plusieurs travaux sur l'effet antibactérien d'*Inula viscosa* L. en 2001, Bensegueni-Tounsi a indiqué que les extraits hydroalcoolique et chloroformique de cette plante ont une légère activité antimicrobienne sur la croissance de *staphylococcus aureus*. Au contraire, les travaux de **Ali Stayeh et al. (1998)** et **Bssaibis et al. (2009)** indiquent que l'extrait aqueux, acétonique et méthanolique d'*Inula viscosa* L. ont un effet antibactérien sur *Staphylococcus aureus*.

D'après des études réalisées par **Abdoune (2012)** ; **Benhammou (2006)**, *Inula viscosa* L ne présente aucune activité inhibitrice vis-à-vis de *Pseudomonas aeruginosa*. Néanmoins ces mêmes auteurs indiquent la présence d'une faible activité inhibitrice sur *E. coli* et d'une forte inhibition sur *Staphylococcus aureus*.

Les travaux de (**Rekkal et Maachou ,2016**) montrent que l'extrait aqueux des feuilles d'*Inula viscosa* L. semble avoir une action inhibitrice légère (à la concentration de 400mg/ml) sur la croissance des souches (*E.coli* ATCC25922 et *K.pneumoniae*ATCC700603).

Concernant *Salmonella Typhimurium*, nos résultats se concordent avec celles de **Bello et al. (2013)** et **Gulten et al. (2023)** qui ont montré que *Inula viscosa* L. possède une activité inhibitrice seulement avec les bactéries à gram positives.

On remarque qu'indépendamment de la concentration de l'extrait, les bactéries gram négatif possèdent une forte résistance. Selon **Faucher et Avril (2002)**, cette résistance est en relation avec la nature de leurs membranes externes (imperméable à la plupart des agents biocides).



Figure 24 :l'activité antibactérienne d'*inula viscosa* L.

Résultats et discussion

D'après toujours nos résultats, l'extrait aqueux des racines de chêne vert a une légère activité inhibitrice pour *Salmonella Typhimurium* pour les trois concentrations (50 mg/ml ; 25 mg/ml et 6,25 mg/ml), et pour *Staphylococcus aureus* à la concentration de 25 mg/ml avec une moyenne de diamètre de zone d'inhibition entre $(8,14 \pm 0,23 \text{ mm})$ et $(8,375 \pm 0,165 \text{ mm})$.



Figure 25 : l'activité antibactérienne de *Quercus ilex* L.

Melendez et Capriles (2006) ont rapporté que *Staphylococcus aureus* compte parmi les souches bactériennes les plus sensibles aux extraits de plantes.

Moghadam et al. (2010) dans leur étude effectuée sur l'activité antibactérienne des extraits de plusieurs plantes médicinales ont révélé que l'extrait éthanolique de *Quercus Brantii* (150mg/ml) avait une importante activité inhibitrice sur *Staphylococcus aureus* (zones d'inhibition allant de 19 à 31mm). Ces valeurs sont largement supérieures à nos résultats. Des résultats similaires aux nôtres ont été obtenus pour l'extrait méthanolique des écorces de *Q. ilex* concentré puis ré-extraits par différents solvants (éthyle acétate, butanol et eau). Ces derniers possèdent un effet inhibiteur sur les souches bactériennes testées y compris *Staphylococcus aureus*, *P. aeruginosa* ATCC 27853 et *E. coli* avec des zones d'inhibition comprises entre 7 et 18mm (**Berahou et al, 2007**).

Dans la présente étude, l'extrait aqueux des racines de *Quercus ilex* L. s'est avéré le plus efficace par rapport à l'extrait aqueux d'*Inula viscosa* L. que ce soit vis-à-vis des souches à Gram positif ou à Gram négatif. Ce résultat se concorde avec celui de **Hamadache (2011)**. Cet effet est dû à la richesse de cet extrait en composés phénoliques (**Berahou et al, 2007**).

Quercus ilex.L est un produit naturel qui est considéré comme une source très riche en molécules bioactives. Beaucoup d'études ont montré qu'il contient de phénols, flavonoïdes, orthodiphénols, tanins,..etc(**Ochmoukh et al, 2017**).

Les résultats que nous avons obtenus indiquent que la détermination de l'activité antimicrobienne peut être influencée par plusieurs paramètres, tels que : le type de microorganismes cibles, la méthode d'évaluation de l'activité antimicrobienne, la concentration, le type d'extrait et surtout la nature et la structure moléculaire des molécules

Résultats et discussion

bioactives des métabolites secondaires (Cushnie et Lamb, 2011).

3. Essai de conservation de la tomate cerise par le gel d'enrobage à base de la gomme de caroube additionné d'extraits des deux plantes.

Afin de juger l'effet de l'emballage sur la prolongation de la durée de conservation des tomates, nous avons surveillé les propriétés physico-chimiques (pH, acidité, perte de poids). Ces paramètres ont été évalués jusqu'à l'apparition des premiers symptômes de mycose. La durée de conservation a duré 18 jours à 25°C.

3.1. Le pH

Le pH est déterminé en utilisant un appareil de mesure (pH mètre) pendant la durée de conservation. La figure 26 présente les valeurs de pH des tomates.

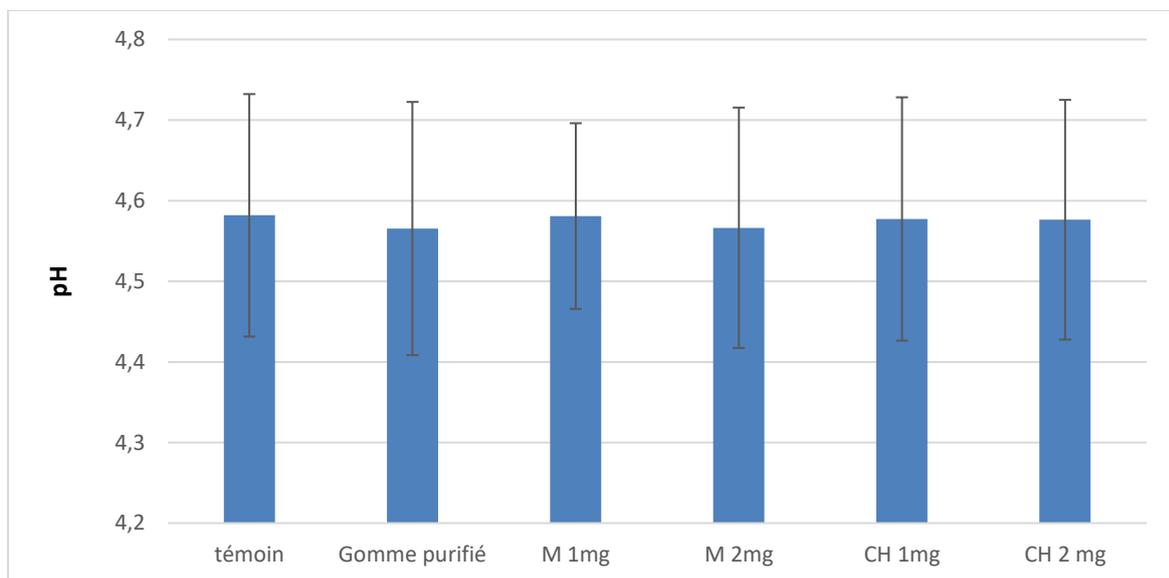


Figure 26 : Effet du traitement par enrobage sur le pH des tomates

Au cours de conservation des tomates, les valeurs du pH sont comprises entre 4.56 à 4.58. Les groupes de tomates enrobées par la gomme purifiée et incorporé d'extrait de *Quercus ilex* L à 2mg/ml ont présenté la valeur minimale de pH (4.56) et le groupe témoin a eu la valeur la plus élevée (4.58).

Antho *et al.* (2011) ont suggéré que la valeur du pH des fruits frais de la tomate, qui varie entre 4,25 et 4,4, est optimale et souhaitable pour assurer la sécurité alimentaire. Ces résultats ne sont pas en accord avec les valeurs des tomates de la présente étude conservées à 25 °C ainsi que celle du témoin. **Moneruzzaman et al** (2008) indique que les valeurs du pH des échantillons de tomates augmentaient avec la température de stockage. Cependant, d'autres auteurs tels que **Aoun et al** (2013), recommandent des pH inférieurs à 4,5 ; ce qui est en accord avec les résultats de la présente étude.

Résultats et discussion

3.2. L'acidité titrable des tomates

L'acidité totale de nos tomates est mesurée par titration à Hydroxyde de sodium (NaOH), avec la phénolphtaléine comme indicateur, le point de neutralité est atteint quand l'indicateur passe de l'incolore au rose (pendant 30 secondes).

L'acidité des tomates traitées et conservées varie entre 0.48 et 0.58 % (figure 27). La valeur minimale d'acidité est celle du groupe de tomate traité par enrobage additionné d'extrait de *Quercus ilex* L. à 2mg/ml (0.48%). Le groupe témoin a eu la valeur la plus élevée (0.58 %). Toutes les tomates traitées et conservées ont un taux d'acidité significativement différent et moins élevés par rapport à celui du témoin ($p < 0.05$).

Cette augmentation d'acidité pourrait être due à la dégradation enzymatique de la pectine pendant la période de stockage. En effet, lorsque la pectine se décompose, l'acidité augmente en raison de la formation d'acide galacturonique dans le fruit (De Oliveira et al, 2016).

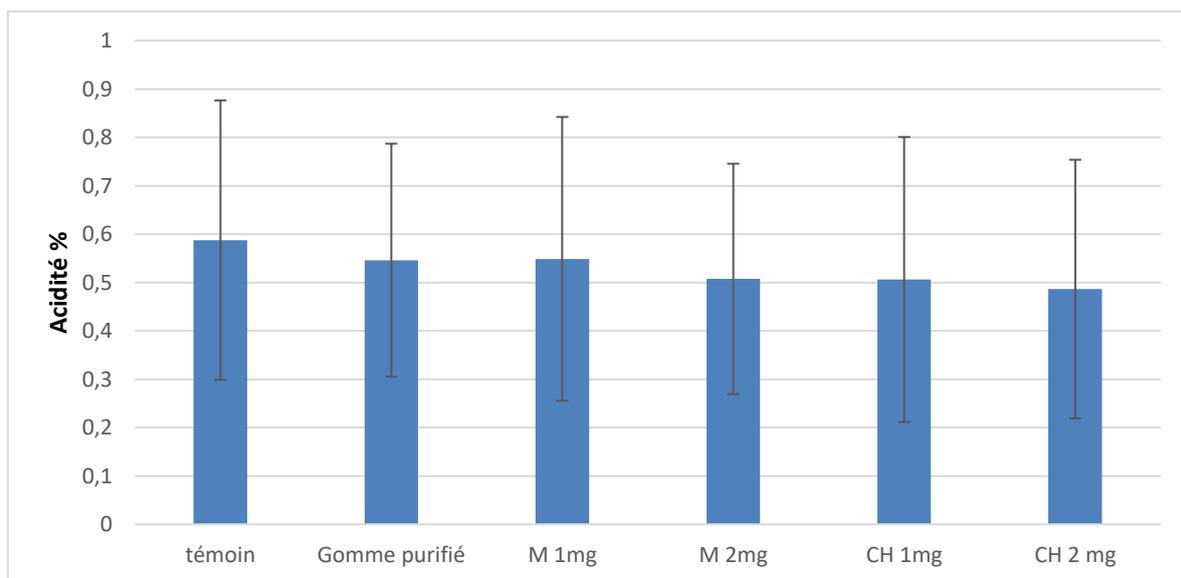


Figure 27 : Effet du traitement par enrobage sur l'acidité des tomates

3.3. Perte de poids

Selon les résultats obtenus, la gomme purifiée était la seule à action protectrice efficace, en affichant une perte de poids de 48.57 % par rapport au témoin (54.28%) durant la période de conservation de 18 jours à 25°C ($p < 0.05$) (figure 28). Les solutions de gomme purifiée additionnée de *Quercus ilex* L et *Inula viscosa* L sont inefficaces avec des pertes allant à 61.03% à 65.19%. Nous concluons que la gomme purifiée a réduit la transpiration et la perte de poids des tomates cerise contrairement aux autres types de revêtement. Ce constat est aussi

Résultats et discussion

La solution d'enrobage forme une couche semi-perméable autour de l'aliment pour crée une atmosphère modifiée qui ralentit la transpiration, mais qui permis le passage de gaz spécifiques (Allegra et al, 2017).

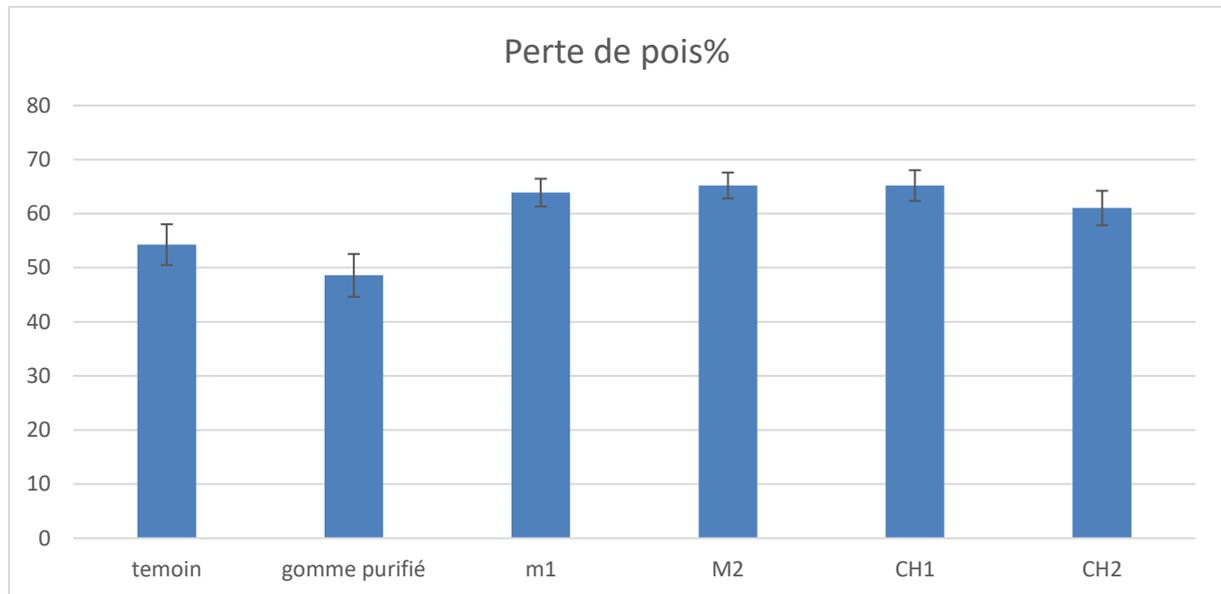


Figure 28 : Effet du traitement par enrobage sur la perte de poids des tomates

La Figure 29 est un diagramme en radar qui permet de visualiser le classement obtenu par cette étude des paramètres physicochimiques (pH, acidité, perte de poids) des six groupes de tomates. Le centre du radar représente la note « 0 », puis chaque graduation indique une note, de 1 (meilleur classement) jusqu'à 6 (dernier classement). Les trois axes représentent les trois paramètres étudiés.

D'après ces résultats, la gomme purifiée et la gomme purifiée additionnée de *Quercus ilex* L à 2mg/ml (sont les meilleurs revêtements par rapport aux autres. nous concluons que l'enrobage a un effet protecteur et préservateur de la qualité des tomates vis-à-vis des tomate non enrobé (témoin), et que la gomme pure et incorporé de l'extrait de *Quercus ilex* L se révèlent plus efficaces notamment à la concentration 2mg/ml que celles contenant de l'extrait d'*Inula viscosa* L. ceci est cohérent avec les résultats de l'activité anti microbienne et antioxydant. Les résultats d'analyses physico-chimiques des tomates cerise traités cèdent que l'enrobage joue un rôle pour maintenir les paramètres physicochimiques (acidité, pH, perte de poids) ainsi que l'absence des microorganismes, et sur le plan sensorielle, il préserve la brillance, la couleur et l'odeur des tomates au cours de la conservation.

On peut conclue d'après ses résultats que la gomme de caroube seule ou incorporée à l'extrait de *Quercus ilex* L. est intéressante pour de futures recherches et elle est une excellente source

Résultats et discussion

de composés antioxydants naturels et antibactériens, pouvant être utilisés dans la conservation des denrées alimentaires et contribuant à limiter les risques liés aux bactéries pathogènes.

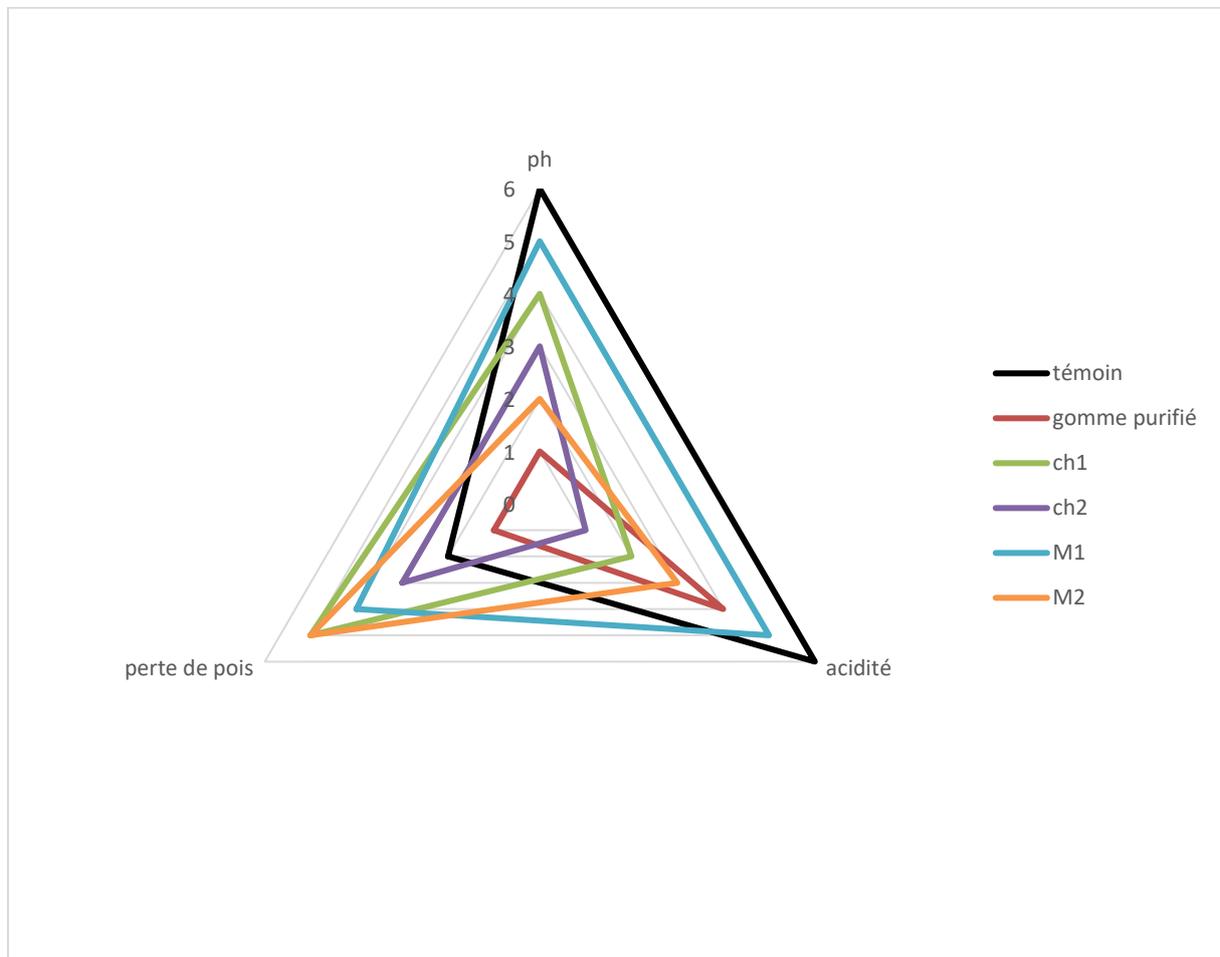


Figure 29 : Radar des résultats physicochimiques des tomates conservées

Résultats et discussion

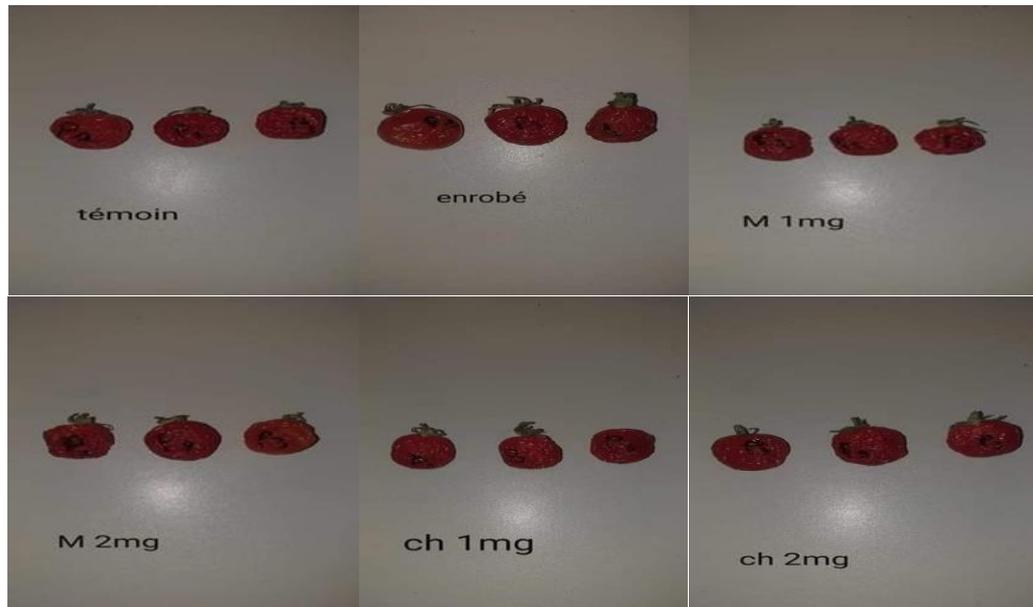


Figure 30 : Les tomates testées après 18 jours de stockage (photo original)

Conclusion

Conclusion

En Algérie, bien que de nombreuses applications de la pulpe de caroube soient exploitées, il existe peu de recherches sur les graines et leurs sous-produits, pourtant susceptibles de constituer un véritable trésor industriel.

Le principal objectif de ce travail était de développer et proposer aux opérateurs de la filière agroalimentaire des techniques de conservation innovantes et adaptées à leur contexte de production.

Afin d'améliorer la conservation des tomates, nous avons testé une formulation à base de la gomme de caroube seule ou combiné avec des extraits aqueux de *Quercus ilex* L et *Inula viscosa* L.

Conformément à nos attentes, la gomme de caroube combinée ou non à l'extrait aqueux de *Quercus ilex* L a eu un effet sur la conservation à l'état frais des tomates. Cependant, nous avons montré que *Quercus ilex* L. est un antimicrobien naturel qui a des effets inhibiteurs sur la croissance *in vitro* de *Salmonella typhimurium* et *Staphylococcus aureus*. Il représente aussi un effet antioxydant puissant comparativement à celui de l'acide ascorbique.

Dans cette étude, l'efficacité de la gomme de caroube seule ou incorporée de l'extrait de *Quercus ilex* L pour prolonger la durée de conservation des tomates a été déterminé, et on pense qu'il s'agit d'un candidat sérieux pour son utilisation dans la conservation des aliments en raison de sa haute activité antimicrobienne et antioxydant.

L'enrobage à base de la gomme de caroube c'est un emballage composite essentiellement de polysaccharide « galactomanane » et de glycérol. L'intégration d'extraits aqueux de "*Quercus ilex* L" dans l'emballage crée une barrière protectrice contre les contaminants extérieurs, comme les bactéries, les moisissures et les particules étrangères.

En outre, ils offrent une alternative respectueuse de l'environnement aux emballages traditionnels en plastique non biodégradables. Leur caractère biodégradable et leur capacité à être consommés avec les aliments réduisent les déchets et les impacts environnementaux associés à l'élimination des emballages après usage.

L'application de la gomme de caroube seule ou incorporée sur la tomate constitue des atouts pour le produit fini surtout par la préservation de la qualité physicochimiques (pH, acidité et perte de poids). Toutefois, des études doivent être poursuivies pour une meilleure application de cette technique sur la tomate. Aussi, des études devront donc se poursuivre pour l'amélioration de la qualité sensorielle du produit fini.

Conclusion

En perspectives on propose de :

- Améliorer la formulation de la gomme afin de la rendre plus efficace et qu'elle puisse agir au niveau des fruits.
- Déterminer le stade de récolte pour lequel les méthodes de conservations sont les plus efficaces.
- Etudier d'autres paramètres de qualité de la tomate conservée.

Références bibliographiques

Référence bibliographique

Aafi A., 1996. Le caroubier : Caractères botaniques et écologiques, groupements végétaux, techniques d'élevage en pépinière, traitement et soins culturaux, utilisation et production. Centre national de la recherche forestière. Maroc, pp 1-7.

Abbas S., Rafatullah M., Hossain K., Ismail N., Tajarudin H., Abdul Khalil H. 2018. A review on mechanism and future perspectives of cadmium-resistant bacteria: A review. 243–262.

Abdoune Y. (2012). Contribution à l'extraction des huiles essentielles de l'inule visqueuse Algérienne par diverses méthodes, étude de ses propriétés antimicrobiennes et antioxydantes. Thèse de magister : spécialité biologie. Université des sciences et de la technologie Houari Boumediène -Alger-,72p.

Adnan .J.M. Al-fartosy.2010.Antioxidant properties of methanolic extract from *Inula graveolens* L .Article.Turk for (35).591-596.

Ait Chitt M., Belmir H. & Lazrak A., 2007. Production de plants sélectionnés et greffés de caroubier. Transfert de technologie en agriculture. Maroc. N° 153: 1-4.

Albanell E., 1990. Caracterización morfológica, composición química y valor nutritivo de distintas variedades de garrofa (*Ceratonia siliqua* L.) cultivadas en España. Tesis doctoral. Barcelona. España, pp. 209.

Al-Dissi NM, Salhab AS, Al-Hajj HA (2001). Effects of *Inula vis- cosa* leaf extracts on abortion and implantation in rats. *J Ethno- pharmacol* 77:117–21

Alexandra A , 2022. Identification de métabolites secondaires des plantes , protecteurs des photo récepteurs à cônes pour le traitement de la rétinopathie pigmentaire , (<https://theses.hal.science /tel-03815605>)

Ali-Stayeh MS, Yaghmour RM, Faidi YR, Salem K, Al-Nur MA (1998). Antimicrobial activity of 20 plants used in folkloric medicine in the Plasterian area. *J Ethnopharmacol* 60: 265–271.

Al-Yahya, M.A., Muhammad, I., Mirza, H.H., El-Ferally, S.F., 1998.Antibacterial constituents from the rhizomes of *Ferula communis*.*Phytother. Res.* 12, 335–339.

Anthon, G. E., Strange. M. L. and Barrett, M. D. (2011). Changes in pH, acids, sugars and

Aoun A. B., Lechiheb B., Benyahya L. and Ferchichi A., (2013). Evaluation of fruit quality

Atika, T., & Lamia, A. W. A. (2019). Etude et caractérisation phytochimique de la plante médicinale *inula viscosa*

Azero, EG, & Andrade, CT (2002). Procédure de test pour la purification du galactomannane. *Essais de polymères* , 21 (5), 551-556. -Rejeb, H. B. (2008). Phases amont de l'innovation: proposition d'une démarche d'analyse de besoin et d'évaluation de l'acceptabilité d'un produit (Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Lorraine).

Bakkara F.A., Benhammou N., et Panovska T.K, 2008.Biological activities of the essential oil and ethanolic extract of *Inula viscosa* from the Tlemcen region of Algeria.*advances in food sciences*, 29 (3)., p (3-139).

Barak, S et Mudgil, D. (2014).Locust bean gum: Processing, properties and food applications.*International Journal of Biological Macromolecules*, 66 : 74–80.

Barak, S et Mudgil, D. (2014). Locust bean gum: Processing, properties and food applications.*International Journal of Biological Macromolecules*, 66 : 74–80.

Barbetti P, Chiappini I, Fardella G, Menghini A, (1985). A new eudesmane acid from

Référence bibliographique

- Battle I., Tous J., 1997.** Carob tree. *Ceratoniasiliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Institute of plant genetic and crops plant research .gatersleben /international plant resources Institute. Rome. Italy
- Battle I., 1997.** Carob tree: *Ceratoniasiliqua* L.-Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 17 (Vol. 17). Bioversity International.
- Battle, J. Tous.** Carob tree (*Ceratoniasiliqua* L.), Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 17. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, 1–79, 1997.
- Baytop.T., (1984).** Therapy with Medicinal Plants in Turkey. Sanal Press, Istanbul. P: 167
- Belitz, H.D. et Grosch, W. (1999).** Food Chemistry. Springer-Verlag, Berlin, 184-189.
- Bellakhdar J (1997)** .La pharmacopée marocaine traditionnelle. Médecine arabe ancienne et savoirs populaires. Éds Ibis Press, Paris, 472 p
- Bello A., Qashlan A., 2013.** Antimicrobial activity of the plant extracts of *Inulagraveolens* and *Inulaviscosa*. Dirasat: Pure Sci. 2013; 39: 34-43
- Benayache S, Benayache F, Dendougui H, Jay M, (1991)** .Les flavonoïdes. d'*Inula viscosa* L. Plant Med Phytother 4:170–6.
- Benayaches S. , Banayache F., Dendoughi H. Jay M.** Les Favomoïdes de *Inula viscosa* L. Plantes médicinales et phytothérapie. Tome 25, n° 4, 1991. (p.170-176).
- Benhammou N et Bekkara F. (2005)** .Contribution à l'étude du pouvoir antifongique de l'huile essentielle d'*Inulaviscosa*, Laboratoire de produits naturels, Département de Biologie, Université Abou Bekr Belkaid BP 19, Imama Tlemcen.
- Benhammou N., Atik Bekkara F. 2006.** Contribution à l'étude du pouvoir antifongique de l'huile essentielle d'*Inula viscosa* L. Mémoire de master en chimie. Université de Tlemcen .
- Benhammou N., et Atik Bekkara F, 2005.** Contribution à l'étude du pouvoir antifongique de l'huile essentielle d'*Inula viscosa*. Mémoire de Master en Chimie. Université de Tlemcen., p(19).
- Benlamdini N, Elhafian M, Rochdi A, Zidane L (2014).** Étude floristique et ethnobotanique de la flore médicinale du Haut Atlas oriental (Haute Moulouya). J Appl Biosci 78 :6771–87
- Bensegueni Tounsi L, 2001.** Etude in vitro de l'effet antibactérien et antifongique de: *Inula viscosa*-*Lawsonia inermis*- *Asphodelus microcarpus*- *Aloe vera*- *Juniperus oxycedrus*. Mémoire de Master en Médecine Vétérinaire. Université de Constantine., p (110).
- Benzerga M., Hammam M.** Le succès de la tomate cerise. El Watan le 15/09/2015
- Berahou A., Auhmani A., Fdil N., Benharref A., Jana M. & Gadhi C.A. (2007).** Anti- -bacterial activity of *Quercus ilex* bark's extracts. J. Ethnopharmacol. 112: 426-9.
- Berahou, A., Auhmani, A., Fdil, N., Benharref, A., Jana, M., Gadhi, C. A. (2007).** Antibacterial activity of *Quercus ilex* bark's extracts. Journal of Ethnopharmacology. 112(3):426-429.
- Bssaibis F., Gmira N., Meziane M. 2009.** Activité antibactérienne de *Dettrichia viscosa* (L.) W. Greuter", Rev. Microbiol. Ind. San et Environn, 3 : 44-55.

Référence bibliographique

Sandolo, C. T. Coviello, P. Matricardi & F. Alhaique 2007 . Characterization of polysaccharide hydrogels for modified drug delivery

Caja G., 1985. La Garrofa: Composición, procesado y usos agroindustriales. Jornadas de la Garrofa. LLiria, Valencia - España.

Calixto, F.S., Canellas, J. Components of nutritional interest in carob pods *Ceratonia siliqua*. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 33, 1319–1323, 1982.

Cárdenas, M., Gloria, G., Perea Gonzalez, P., Ruiz, P., Eduardo Rodríguez, J., Luis, G. Estrada Esquivel, B. (2014). Medical science wound healing effect of aqueous extracts of *Quercus ilex*. *Altern Integr Med.* 4(3): 133-135.

Chahmi, N., Anissi, J., Jennan, S., Farah, A., Sendide, K., & El Hassouni, M. (2015). Antioxidant activities and total phenol content of *Inula viscosa* extracts selected from three regions of Morocco. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 5(3), 228-233. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(15\)30010-1](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(15)30010-1).

Chari Z. Effets cicatrisants de *Inula viscosa* sur les brûlures expérimentales chez le lapin. Thèse de Magister, 1999. Université de Constantine.

Chevolleau-Mege, S., F. Mallet, J., Debal, A., Ucciani, E. (1993). Antioxidant activity of Mediterranean plant leaves: Occurrence and antioxidative importance of α -tocopherol. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 70(8):807–809

Choi W.Y., Park H.J., Ahn D.J., Lee J., Lee C.Y. Wettability of chitosan coating solution on Fuji apple skin, *J. Food Sci.* 67 (2002) 2668–2672.

Cushnie and Lamb, Cushnie TPT, Lamb AJ (2011). Recent advances in understanding the antibacterial properties of flavonoïds. *International Journal of Antimicrobial Agents*, pp 1-9.

DAAS P. J. H., SCHOLS H.A. & DE JONGH H. H. J., 2000. On the galactosyl distribution of commercial galactomannans. *Carbohydrate research*, 329, 609-619.

Dahmani-Megrerouche M., 2002. Typologie et dynamique des chênaies vertes en Algérie.

Dakia P.A., Wathel et B. Paquot M. (2007). Isolation and chemical evaluation of, carob (*Ceratonia siliqua* L.) seedgerm. *Food Chemistry*, 102: 1368-1374.

Dakia, P.A., Bleckerb, C., Roberta, C., Watheleta, B., Paquota, M. (2008). Composition and physicochemical properties of locust bean gum extracted from whole seeds by acid or water dehulling pre-treatment. *Food Hydrocolloids*, 22 : 807–818.

De Billerbeck V.G., 2007. Huiles essentielles et bactéries résistantes aux antibiotiques. *Phytothérapie*, 5 (5): 249-253.

De Oliveira, C. M., Ferreira, L. M., Do Carmo, M. G. F., & Coneglian, R. C. C. (2016).

Dhumal, C. V., & Sarkar, P. (2018). Composite edible films and coatings from food grade biopolymers. *Journal of Food Science and Technology*, 55(11), 4369–4383. [10.1007/s13197-018-3402-9](https://doi.org/10.1007/s13197-018-3402-9). *Dittrichia (Inula) viscosa*. *Planta Med* 51 :471

Référence bibliographique

- Djidel, S., Khennouf, S., Baghiani, A., Harzallah, D., Arrar, L. (2010).** Medicinal plants used traditionally in the Algerian folk medicine for gastrointestinal disorders and hypertension: total polyphenols, flavonoids and antioxidant activity. *Agris*, 854 :59-65
- Dominique G., Brigitte N., Mechel L. 2000.** La tomate pour un produit de qualité , Ed. Aprifel, 223p, pp 46-61
- Domonique M.,2010.**«Les production légumières», troisième Edition, Ed. Dijion,164p, pp 75-80.
- Eddouks M, Maghrani M, Lemhadri A, (2002)** .Ethnopharmacological survey of medicinal plants used for the treatment of diabetes mellitus, hypertension and cardiac diseases in the south-east region of Morocco (Tafilalet). *J Ethnopharmacol* 82:97–103
- EL Hamsas EL Youbi A, Ouahidi I, Mansouri L,(2016).** Ethnopharmacological survey of plants used for immunological diseases in four regions of Morocco. *European J Medicinal Plants* 13:1–24
- Evreinoff V . A., 1947.** Le Caroubier ou *Ceratonia siliqua* L., botanique appliquée et d'agriculture tropicale , bulletin n°299-300 , pp. 389-401.
- Fama L., Goyanes S., Gerschenson L.** Influence of storage time at room temperature on the physicochemical properties of cassava starch films, *Carbohydr. Polym.* (2007), <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.04.003>
- Fan Y., Xu Y ., Wang D., Zhang L., Sun J., Sun L., Zhang B.** Effect of alginate coating combined with yeast antagonist on strawberry (*Fragaria × ananassa*) preservation quality, *Postharvest Biol. Technol.* 53 (2009) 84–90, <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2009.03.002>.
- FAO (2017).** Food and agricultural commodities production. In <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QC>. FAO.(Page consultée le 2 Juin 2019). Composition nutritionnelle de la fraise. In : Site Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (anses) [en ligne]. (2017). Disponible sur : <https://ciqual.anses.fr/#/aliments/13014/fraise-crue>.
- Farzaei, M. H., Abbasabadi, Z., Shams-Ardekani, M. R., Abdollahi, M., Rahimi, R. (2014).** A comprehensive review of plants and their active constituents with wound healing activity in traditional Iranian medicine. *Wounds*, 26(7):197-206.
- Faucher, J.L., Avril, J.L. 2002.** Bactériologie générale et médicale. Tome 1, Ellipses (Ed.), Paris, 214p.
- Fauron R , Moati R(1983).** Guide pratique de phytothérapie. ED.MALOINE. pp 811. Forêt Méditerranéenne, 23 (2) : 117-132.
- Fournier P.** Livre des plantes médicinales et vénéneuses de France. Ed. Lechevalier, 1947, Tome (p.176-178).
- Farah, B. Z. (2020).** L'étude de la croissance de la Tomate Cerise (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme) dans deux substrats différents (Doctoral dissertation).
- Galus S., Arik Kibar E. A., Gniewosz M., Kraśniewska, K.** Novel materials in the preparation of edible films and coatings—a review, *Coatings* 10 (7) (2020) 674.
- Galus, S., & Kadzińska, J. (2016).** Whey protein edible films modified with almond and walnut oils. *Food Hydrocolloids*, 52, 78–86. [10.1016/j.foodhyd.2015.06.013](https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.06.013)

Référence bibliographique

- Gharnit N., 2003.** « Caractérisation et essai de régénération in vivo du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) originaire de la province de Chefchaouen (Nord-Ouest du Maroc) ». Th. Doc en science. Université Abdelmalek Essaadi. Tanger.
- Gulten O., Kutbettin A., Ridvan T.** *Inula viscosa* L. (Asteraceae): A study on its antimicrobial and antioxidant activities, chromatographic fingerprinting profile. *Int. J. Sec. Metabolite*, Vol. 10, No. 4, (2023) pp. 525-534
- Hamadache N. (2011).** Criblage des extraits phénoliques d'origine végétale doués d'activité antibactérienne : recherche des inhibiteurs naturels de β -lactamases. Mémoire de Magister, université A/MIRA de Bejaia (UAMB)
- Han C., Lederer C., . McDaniel M., Zhao Y.** Sensory evaluation of fresh strawberries (*Fragaria ananassa*) coated with chitosan-based edible coatings, *J. Food Sci.* 70 (2005) 172–180
- Han J.H.** Innovation in food packaging, in: J.H. Han (Ed.), *Edible Films and Coatings: A Review*, Academic Press, London, 2014, pp. 213–255.
- Harris L.J., Farber J.N., Beuchat L.R., Paris M.E., Suslow T.V., Garrett E.H, BusterF.F .** Outbreak association with fresh produce, *Compre. Rev. Food Sc. F. (Supplement)* 2 (3) (2003) 78–141.
- HASSAN D., MONIER-DILHAN S., 2009.** Mesure des changements de consommation suite à une segmentation de l'offre : l'exemple de la tomate fraîche. *Revue d'Etudes en Agriculture et Environnement*. Vol. 90. (N°3). P 309-326.
- Herald, C. T. (1986).** Locust/carob bean gum. In M. Glicksman (Ed.), *Food hydrocolloids* 3(5): 161–170). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Hmamouchi M (2001).** Les plantes médicinales et aromatiques marocaines. Utilisations traditionnelles, marché, biologie, chimie, pharmacologie, toxicologie, lexique. 2e édition, Fédala, Moham- media, Maroc, pp 324–31 <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-07281-3>
- Imre, B., García, L., Puglia, D., & Vilaplana, F. (2019).** Reactive compatibilization of plant polysaccharides and biobased polymers: Review on current strategies, expectations and reality. *Carbohydrate Polymers*, 209, 20–37. 10.1016/j.carbpol.2018.12.082. Influence of maturity stage on fruit longevity of cherry tomatoes stored at ambient and
- Jamila F, Mostafa E (2014).** Ethnobotanical survey of medicinal plants used by people in Oriental Morocco to manage various ailments. *J Ethnopharmacol* 28:76–87
- Janjarasskul, T., & Krochta, J. M. (2010).** Edible Packaging Materials. *Annual Review of Food Science and Technology*, 1(1), 415–448. 10.1146/annurev.food.080708.100836. *Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 4 : 329–335. *Journal of Food Science*, 7: 350-354.
- Kheyar-Kraouche, N., daSilva, A.B., Serra, A.T., Bedjou, F., & Bronze, M.R. (2018).** Characterization by liquid chromatography-mass spectrometry and antioxidant activity of an ethanolic extract of *Inula viscosa* leaves. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 156, 297-306. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2018.04.047>
- Kowalczyk, D. (2011).** Effect of edible protein-wax coating on the post-harvest stability of Brussels sprouts stored in simulated conditions of trade. *Food Science Technology Quality*, 18(6).
- Kumari, M., Mahajan, H., Joshi, R., & Gupta, M. (2017).** Development and structural characterization of edible films for improving fruit quality. *Food Packaging and Shelf Life*. 10.1016/j.fpsl.2017.02.003

Référence bibliographique

- Lastra C., Lopez A., Motiva V.** Gastro protection and prostaglandin E2 generation in rats by flavenoids of *Dittrichie viscosa*. *Planta Medica*, 1993, 59 : (p.497-501).
- Lastra, C., Lopez, A., Motilva, V., 1983.** Gastroprotection and prostaglandin E2 generation in rats by flavonoids of *Dittrichia viscosa*. *Planta Med.* 59, 497–501.
- Lin D., Zhao Y.** Innovation the development and application of ediblecoating for fresh and minimally processed fruits and vegetables, *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 6 (2007) 60–75.
- Liu, H., Meng, F., Chen, S., Yin, T., Hu, S., Shao, Z., ... Wang, Q. (2019).** Ethanol treatment improves the sensory quality of cherry tomatoes stored at room temperature. *Food Chemistry*, 298, Article 125069. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125069>
- Londono-Giraldo, L. M., Gonzalez, J., Baena, A. M., Tapasco, O., Corpas, E. J., & Taborda, G. (2020).** Selection of promissory crops of wild cherry-type tomatoes using physicochemical parameters and antioxidant contents. *Bragantia*, 79(2), 169–179. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20190276>
- Lopez DA SILVA J. A., GONCALVES M. P., 1990.** Studies on a purification method for locust bean gum by precipitation with isopropanol. *Food Hydrocolloids*, 4, 277-287.
- Mahmoudi, H., Hosni, K., Zaouali, W., Amri, I., Zargouni, H., Hamida, N.B., Kaddour, R., Hamrouni, L., Nasri, M.B., & Ouerghi, Z. (2016).** Comprehensive phytochemical analysis, antioxidant and antifungal activities of *Inula viscosa aiton* leaves. *Journal of Food Safety*, 36(1), 77-88. <https://doi.org/10.1111/jfs.12215>maturity and ripening conditions on the biochemical characteristics of tomato. *American*
- MATUSCHEK E., AHMAN J., WEBSTER C., KAHLMETER G, 2018.** Antimicrobial susceptibility testing of colistin –evaluation of seven commercial MIC products against standard broth microdilution for *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Acinetobacter* spp. *Clin.Microbiol.Infect.*, 24, 865–870.
- Mccleary B. V., 1979.** Enzymic hydrolysis, fine structure, and gelling interaction of legume seed D-galacto-D-mannans. *Carbohydrate Research*, 71, 205-230.
- Mccleary B. V., 1980.** Hydrolysis of galactomannans by α -D-galactosidase and β -Dmannanase. In: Marshall J. J., ed. *Mechanisms of saccharide polymerization and de polymerization*. New York, USA: Academic Press, 285-300
- Mehani, M., Segni, L. 2014.** Effet antimicrobien des huiles essentielles de la plante *Eucalyptus camadulensis* sur certaines bactéries pathogènes. *Proteus, Annales des Sciences et Technologie* Vol. 6, N° 1, 10(11), 66.
- Melendez P.A. & Capriles V.A. (2006).** Antibacterial properties of tropical plants from Puerto Rico. *Phytomedicine*. 13: 272–6.
- Melgarejo P. & Salazar D.M., 2003.** Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas. Vol. II. Mundi-Prensa. España, pp. 19-162.

Référence bibliographique

- Melgarejo P., Salazar D.M ., 2003.** Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas. Vol. II. Mundi-Prensa. España, pp. 19-162.
- Miteluț, A. C., Popa, E. E., Dr̃aghici, M. C., Popescu, P. A., Popa, V. I., Bujor, O.-C., ... Popa, M. E. (2021).** Latest developments in edible coatings on minimally processed fruits and vegetables: A review. *Foods*, 10(11), 2821. <https://doi.org/10.3390/foods10112821>
- Miteluț, A. C., Popa, E. E., Dr̃aghici, M. C., Popescu, P. A., Popa, V. I., Bujor, O.-C., ... Popa, M. E. (2021).** Latest developments in edible coatings on minimally processed fruits and vegetables: A review. *Foods*, 10(11), 2821. <https://doi.org/10.3390/foods10112821>
- Moghadam M.S., Maleki S., Darabpour E., Motamedi H. & Nejad S.M.S. (2010).** Antibacterial activity of eight Iranian plant extracts against methicillin and cefixime resistant *Staphylococcus aureus* strains. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*. 262-5.
- Mohamed, S. A. 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, Article 116178. [10.1016/j.carbpol.2020.116178](https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116178)
- Moneruzzaman K.M. Hossain A.B.M.S., Sain W., Saifuddin N. (2008).** Effect of stages of
- Morales M.T., Aparicio-Ruiz R., Aparicio R.** Chromatographic methodologies: compounds for olive oil odor issues, *Handbook of olive oil: analysis and properties* (2013) 261–309.
- Moreira L. R. S. & Filho E. X. F., 2008.** An overview of mannan structure and mannan degrading enzyme systems. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 79, 165-178.
- Nair M.S., Tomar M., Punia S., Kukula-Koach W., kumar M.** Enhancing the functionality of chitosan-and alginate- active edible coatings /films for the preservation of fruits and vegetables : a review, *int. J.Biol.macromol.* 164 (2020) 304-320, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.083>
- Neukom, H. (1988).** Carob Bean Gum: Properties and Applications. *Proceedings of the II International Carob Symposium*, 551-555.
- Nixon, K. C. (1993).** Infrageneric classification of *Quercus* (Fagaceae) and typification of sectional names. *Annales des sciences forestières, INRA/EDP Sciences*, 50 (11) : 25-34 other quality parameters during extended vine holding of ripe processing tomatoes. *J. of Food*
- Otoni C.G., Avena-Bustillos R.J., Azeredo H.M.C., Lorevice M.V., de Moura M.R., Mattoso L.H.C., McHugh T.H. 2017.** Recent Advances on Edible Films Based on Fruits and Vegetables—A Review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Safety* 16, 1151-1169.
- Ouchemoukh N.A., Ouchemoukh S., Meziat N., Idiri Y., Hernanz D., Stinco C.M., Francisco J .R.P., Francisco J.H., Madani K. et Luis J. (2017).** bioactive metabolites involved in the antioxidant, anticancer and anticalpain activities of *ficus carica L.*, *certonia siliqua L.* and *Quercus ilex L.* extracts. *Industrial Crops and products*.
- Peretto G., Du W.X., Avena-Bustillos R.J., et al.,** Electrostatic and conventional spraying of alginate-based edible coating with natural antimicrobials for preserving fresh strawberry quality, *Food Bioprocess Technol.* 10 (2017) 165–174, <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1808-9>
- Pérez-Gago, M. B., & Rhim, J.-W. (2014).** Chapter 13 - edible coating and film materials: Lipid bilayers and lipid emulsions. In J. H. Han (Ed.). *Innovations in food packaging* (pp. 325–350). (2nd ed.). San Diego: Academic Press.

Référence bibliographique

Pollard, M. A., Kelly, R., Wahl, C., Windhab, E., Eder, B., & Amado, R. (2007). Investigation of equilibrium solubility of a carob galactomannan. *Food Hydrocolloids*, 21(5-6): 683–692

Quezel P., 1976 . Les chênes sclérophylles en région méditerranéenne. *CIHEAM -Options Méditerranéennes*, 35: 25-29.

Quezel, P. et Santa, S. Nouvelle Flore de l'Algérie et de ses régions désertiques méridionales. Tome II. Paris, Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, 1963

Quezel, P., Santa, S. (1962-1963). Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed .CNRS- Paris France; 1-2.

Rekkal m et Maachou O , (2016) . Contribution à l'Etude de l'activité antimicrobienne de l'extrait aqueux d'*Inula viscosa* Master en Biologie Option : Microbiologie Appliquée. Université Tizi Ouzou.

Renuka M., et, Sadashiva T., 2016. Plant archives. L'hétérosis pour les caractères de croissance, de rendement et de qualité dans cerisier (*solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*). Vol. 16. N°2. Pp 654_658.

Salim, H., Rimawi, W.H., & Mjahed, A. (2017). Analysis of extracts from Palestinian *Inula viscosa* for their phenolic, flavonoid and lipid contents, antioxidant and antibacterial activity. *Journal of Chemistry and Biochemistry*, 5(1), 12-23. <https://doi.org/10.15640/jcb.v5n1a2>

SanaDallalia,b,, RefkaZouaouia , DhouhaDallalic, SabeurJdidia, and LamjedToumia 2021. Determination of some biochemical parameters from leaves of *Quercus ilex* L.(Fagaceae), collected in DjabelZagouan (Tunisia)

Sarri, M., Zahra Mouyet, F., Benziane, M., Cheriet, A. (2014). Traditional use of medicinal plants in a city at steppic character (M'sila, Algeria). *Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research*, 2(2) : 31-35.

Sandolo,c. Coviello, T. Matricardi, P. & Alhaique, F.(2007) . Characterization of polysaccharide hydrogels for modified drug delivery

Satianteerapap S., Chai-Uea P., Taechapairoj C., Bandaiphet C., Thirathumthavorn D. Quality attributes of fresh-cut cabbages treated with acetic acid containing maltodextrin and chitosan, *Science, Engineering and Health Studies* 16 (2022), 22030012, <https://doi.org/10.14456/sehs.2022.56>
Sci. and Agric., 93: 98–109.

Senturk Parreidt T., Schmid M., Müller K. Effect of dipping and vacuum impregnation coating techniques with alginate based coating on physical quality parameters of cantaloupe melon, *J. Food Sci.* 83 (4) (2018) 929–936, <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14091>

Settia C ., Bourasb A ., Mezianeb M ., Boudrouaa K ., Settici H ,2020. Antioxidant and antibacterial activities of green oak acorn (*Quercus ilex*) from Algeria.

Srivastav V.A.K., Pravitha P. P., Hasan M., Mangaraj M., Verma D.K. (2022). Comparative study on the optimization and characterization of soybean aqueous extract-based composite film using response surface methodology (RSM) and artificial neural network (ANN). *Food Packaging and Shelf Life*, 31, Article 100778. 10.1016/j.fpsl.2021.100778.

Summo C., De Angelis D. The importance of edible films and coatings for sustainable food development, *Foods* 11 (2022) 3221.

Référence bibliographique

Susplugas C., Balansard G. Julien J. Evidence of anthelmintic action of aerial part from *Inula viscosa* » Ait.Herba Hung, 1980, (p.19-33).

Tayeb A.H., Tajvidi M., Bousfield D, Enhancing the oxygen barrier properties of nanocellulose at high humidity: numerical and experimental assessment, Sustainable

Teixidor-Toneu I, Martin GJ, Ouhammou A, (2016).An eth- nomedicinal survey of a Tashelhit-speaking community in the High Atlas, Morocco. J Ethnopharmacol188:96–110 témoinled temperature. Semina:Ciencias Agrarias, 37 : 4027–4038

Tian K., Bilal M., Ed. Singh P., Kumar A., Borthakur A. 2020.Research progress of biodegradable materials in reducing environmental pollution. Abatement of Environmental Pollutants; Trends and Strategies, Chapter 15, Elsevier Inc.. 313-330.traits of traditional varieties of tomato (*Solanum lycopersicum*) grown in Tunisia, African

Tutin T., Heywood, N. Burges, D. Valentine, S. Walters et D. Webb, 1964. Flora Europaea. Vol . 1. Lycopodiaceae to platanaceae .-, Flora Europaea.Vol. 1.Lycopodiaceae to Plantanaceae.

Vaishnavi P , Rafeeya S, Kshirod K, 2023. Techno-functional characteristics, and potential applications of edible coatings: A comprehensive review.

Wenqiao Wang, B, H, Ben Daniel et Yigal Cohen (2004). Control of Plant Diseases by Extracts of *Inulaviscosa*, Phytopathology, PP: 1042-1047

Yaashikaa P.R., Kamalesh R., Kumar P.S., Saravanan A., Vijayasri K., Rangasamy, Recent advances in edible coatings and their application in food packaging, Food Res. Int. 173 (2023), 113366.

Yousuf B., Wu S., Siddiqui M.W. Siddiqui, Incorporating essential oils or compounds derived thereof into edible coatings: effect on quality and shelf life of fresh/freshcut produce, Trends Food Sci. Technol. 108 (2021) 245–257.

Vaishnavi P , Rafeeya S, Kshirod K, 2023.Techno-functional characteristics, and potential applications of edible coatings: A comprehensive review

Yassine M., Gaouar S, 2017. Situation et perspectives d'amélioration du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) dans le Nord-Ouest de l'Algérie.

Bar-Shalom R,2019. *Inula Viscosa* Extract Inhibits Growth of Colorectal Cancer Cells in vitro and in vivo Through Induction of Apoptosis

Abderrahim Y., Harmouni A, 2021. Amélioration du flux de production pour l'entreprise SARL BOUBLENTZA (Doctoral dissertation, Directeur : M Fouad MALIKI/Co-Directeur : M Mustapha Anwar BRAHAMI).

Site01:<https://fac.umc.edu.dz/snv/bibliotheque/biblio/mmf/2020/Le%20caroubier%20%20utilisations%20et%20int%C3%A9r%C3%AAt%20%C3%A9conomique..pdf>

Site 02:<https://www.adin.es/fr/produits/adingum/>

Site 03:<https://www.monaconatureencyclopedia.com/quercus-ilex/?lang=fr>

Résumé

La présente étude a été menée dans l'optique de développer et proposer des techniques de conservation innovantes. La méthodologie a été basé sur l'application d'un traitement à base de gomme de caroube seule ou incorporée de deux extraits aqueux de *Quercus ilex* L. et *Inula viscosa* L. à des concentrations de 1mg/ml et 2mg/ml.

Le suivi du pH, perte de poids et d'acidité a été effectué pendant 18 jours pour les cinq groupes enrobés, comparativement aux tomates témoins.

D'autre part, On a examiné l'activité antibactérienne et antioxydant des extraits aqueux de *Quercus ilex* L et *Inula viscosa* L. L'activité antibactérienne a été testée contre deux souches *Staphylococcus aureus* (Gram+) et *salmonella typhimurium* (Gram-).

Les résultats obtenus montrent que les deux plantes sont légèrement sensibles aux deux souches testées. L'étude a permis de montrer aussi une activité anti radicalaire considérables pour les extraits aqueux des deux plantes avec des IC₅₀ de l'ordre de 245.59 µg/ml et 241.27µg/ml pour *Inula viscosa* L. et *Quercus ilex* L. respectivement. L'acide ascorbique (IC₅₀ = 310.90 µg/ml) a montré un pouvoir antioxydant inférieur à celui des extraits des deux plantes (p<0,05).

Le traitement des tomates cerises avec une solution à base de gomme de caroube et d'une combinaison de celle-ci avec les extraits aqueux de *Quercus ilex* L. et *Inula viscosa* L. a permet de noter que les paramètres de qualité des tomates (pH, acidité, perte de poids) n'ont pas été affectés en comparaison avec celles du témoin pour les tomates enrobées par la gomme seule ou incorporée avec *Quercus ilex* L. à 2mg/ml.

De ce fait, Dans cette étude, l'efficacité de la gomme seule ou incorporée d'extrait de *Quercus ilex* L. pour prolonger la durée de conservation des tomates a été déterminé, et on pense qu'il s'agit d'un candidat sérieux pour son utilisation dans la conservation des aliments en raison de sa haute activité antioxydant.

Mots clés : *gomme de caroube, tomate cerise, Quercus ilex* L. *Inula viscosa* L. paramètre de qualité, conservation.

Abstract

This study was carried out with the aim of developing and proposing innovative conservation techniques. The methodology was based on the application of a treatment to base of locust bean gum alone or incorporated with two aqueous extracts of *Quercus ilex* L. and *Inula viscosa* L. at concentrations of 1 mg/ml and 2 mg/ml.

Monitoring of pH, weight loss and acidity was carried out for 18 days for the five coated groups, compared to control tomatoes.

On the other hand, the antibacterial and antioxidant activity of aqueous extracts of *Quercus ilex* L and *Inula viscosa* L. was examined. The antibacterial activity was tested against two strains *Staphylococcus aureus* (Gram+) and *salmonella typhimurium* (Gram-).

The results obtained show that the two plants are slightly sensitive to the two strains tested. The study also showed considerable anti-radical activity for the aqueous extracts of the two plants with IC₅₀ of around 245.59 µg/ml and 241.27 µg/ml for *Inula viscosa* L. and *Quercus ilex* L respectively. Ascorbic acid (IC₅₀ = 310.90 µg/ml) showed lower antioxidant power than the extracts of the two plants (p<0.05).

The treatment of cherry tomatoes with a solution based on locust bean gum and a combination thereof with the aqueous extracts of *Quercus ilex* L. and *Inula viscosa* L. a makes it possible to note that the quality parameters of the tomatoes (pH, acidity, weight loss) were not affected in comparison with those of the control for tomatoes coated with gum alone or incorporated with *Quercus ilex* L. at 2 mg/ml.

Therefore, in this study, the effectiveness of gum alone or incorporated with *Quercus ilex* L. extract in extending the shelf life of tomatoes was determined, and it is believed to be a serious candidate. for its use in food preservation due to its high antioxidant activity.

Key words: *locust bean gum, cherry tomato, Quercus ilex* L., *Inula viscosa* L., *quality parameter, conservation.*

ملخص

تم إجراء هذه الدراسة بهدف تطوير واقتراح تقنيات الحفظ المبتكرة. واستندت المنهجية على تطبيق العلاج لقاعدة من صمغ الجراد بمفرده أو مدمج مع مستخلصين مائيين من البلوط و ماجرمان بتركيزات 1 مجم/مل و 2 مجم/مل.

تم إجراء مراقبة الأس الهيدروجيني وفقدان الوزن والحموضة لمدة 18 يومًا للمجموعات الخمس المغلفة، مقارنة بالطماطم الضابطة.

من ناحية أخرى، تم فحص النشاط المضاد للبكتيريا ومضادات الأكسدة للمستخلصات المائية لنباتي البلوط و ماجرمان. تم اختبار النشاط المضاد للبكتيريا ضد سلالتين من المكورات العنقودية الذهبية (جرام+) والسالمونيلا تيفيموريوم (جرام -)

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن النباتين حساسان قليلاً للسلالتين المختبرتين. أظهرت الدراسة أيضًا نشاطًا كبيرًا ضد الجذور للمستخلصات المائية للنباتين مع IC_{50} بحوالي 245.59 ميكروجرام / مل و 241.27 ميكروجرام / مل للبلوط و ماجرمان على التوالي. أظهر حمض الأسكوربيك ($IC_{50} = 310.90$ ميكروجرام/مل) قوة مضادة للأكسدة أقل من مستخلصات النباتين. ($P < 0.05$)

إن معالجة الطماطم الكرزية بمحلول يعتمد على صمغ الجراد ومزيج منه مع المستخلصات المائية للبلوط و ماجرمان يجعل من الممكن ملاحظة أن معايير جودة الطماطم (الرقم الهيدروجيني والحموضة وفقدان الوزن) كانت لم تتأثر مقارنة بتلك الخاصة بالشاهد بالنسبة للطماطم المطلية بالصمغ بمفردها أو المدمجة مع البلوط بجرعة 2 ملغم/مل.

لذلك، تم في هذه الدراسة تحديد فعالية الصمغ بمفرده أو دمج مع مستخلص لبلوط في إطالة العمر الافتراضي للطماطم، ويُعتقد أنه مرشح جدي لاستخدامه في حفظ الأغذية بسبب نشاطه العالي المضاد للأكسدة.

الكلمات المفتاحية: صمغ الجراد، الطماطم الكرزية، البلوط، ماجرمان، معامل الجودة، الحفظ الحيوي.

Annexes

Annexe Tableaux

Tableau 01 : Pourcentage d'inhibition d'extrait aqueux des deux plantes selon la concentration

Concentration ($\mu\text{g/ml}$)	Pourcentage d'inhibition %		
	Chêne vert	Magramane	Acide ascorbique
0	0	0	0
62,5	61.64	63.3	32.3
250	72.68	69.45	83.29
1000	84.81	85.48	89.26

Tableau 02 : IC50 des extraits des plantes étudiées

	Chêne vert	Magramane	Acide ascorbique
IC 50($\mu\text{g/ml}$)	241.27 \pm 37.72	245.59 \pm 37.55	310.90 \pm 42.63

Tableau 03 : la perte de poids durant la conservation (18 jours)

Jours	Témoin	Gomme purifié	Magramane (1mg/ml)	Magramane (2mg/ml)	Chêne vert (1mg/ml)	Chêne vert (2mg/ml)
18-avr	11,68	10,91	10,05	10,25	11,55	11,55
21-avr	10,82	9,62	9,28	9,47	10,64	10,54
22-avr	10,56	9,43	9,15	9,32	10,48	10,38
23-avr	10,26	9,12	8,94	9,16	10,26	10,14
02-avr	9,95	8,83	8,76	8,76	10,06	9,9
25-avr	9,65	8,58	8,58	8,8	9,85	9,67
28-avr	8,58	7,54	7,89	8,19	9,13	8,84
29-avr	8,24	7,2	7,67	7,99	8,9	8,57
30-avr	7,93	6,91	7,49	7,81	8,67	8,32
02-mai	7,28	6,24	7,04	7,43	8,22	7,81
05-mai	6,34	5,3	6,42	6,87	7,53	7,05

Tableau 04 : le pourcentage de perte de poids des tomates enrobé

	Témoin	Gomme purifié	Magramane (1mg/ml)	Magramane (2mg/ml)	Chênevert (1mg/ml)	Chêne vert (2mg/ml)
Perte de poids (%)	54,28 \pm 3,77	48,57 \pm 3,96	63,88 \pm 2,56	65,19 \pm 2,39	65,19 \pm 2,84	61,03 \pm 3,18

Tableau 05 : le ph pendant la durée de conservation

Jours	Les groupes					
	Témoin	Gomme purifié	Magramane (1mg/ml)	Magramane (2mg/ml)	Chênevert (1mg/ml)	Chêne vert (2mg/ml)
18avril2024	4.4	4.37	4.5	4.4	4.37	4.5
21avril2024	4.53	4.38	4.56	4.69	4.35	4.41
22avril2024	4.52	4.46	4.6	4.34	4.59	4.37
23avril2024	4.4	4.37	4.5	4.4	4.37	4.5
02avril2024	4.52	4.6	4.51	4.52	4.55	4.82
25avril2024	4.6	4.62	4.47	4.48	4.78	4.51
28avril2024	4.44	4.53	4.46	4.55	4.6	4.58
29avril2024	4.74	4.73	4.79	4.71	4.71	4.55
30avril2024	4.83	4.63	4.58	4.77	4.68	4.7
02mai2024	4.78	4.83	4.78	4.67	4.69	4.82
05mai2024	4.64	4.7	4.64	4.7	4.66	4.58
La moyenne	4.581±0.150	4.565±0.157	4.580±0.115	4.566±0.149	4.577±0.150	4.576±0.148

Tableau 06 : L'acidité titrable durant la durée de conservation

Jours	Les groupes					
	Témoin	Gomme purifié	Magramane (1mg/ml)	Magramane (2mg/ml)	Chênevert (1mg/ml)	Chêne vert (2mg/ml)
18avril2024	0.128	0.128	0.128	0.128	0.064	0.064
21avril2024	0.384	0.448	0.192	0.256	0.192	0.128
22avril2024	0.256	0.235	0.299	0.256	0.277	0.277
23avril2024	0.213	0.29	0.17	0.27	0.17	0.21
02avril2024	0.704	0.597	0.661	0.619	0.597	0.576
25avril2024	0.832	0.725	0.725	0.555	0.576	0.64
28avril2024	0.704	0.597	0.661	0.619	0.597	0.576
29avril2024	0.704	0.64	0.96	0.704	1.024	0.683
30avril2024	0.704	0.704	0.683	0.597	0.64	0.597
02mai2024	0.917	0.747	0.747	0.725	0.64	0.811
05mai2024	0.917	0.896	0.811	0.853	0.793	0.789
La moyenne	0.587±0.288	0.5460±0.240	0.548±0.293	0.507±0.238	0.506±0.294	0.486±0.267

Tableau 07 : Radar des résultats physicochimiques des tomates conservées

paramètres	pH	Acidité titrable	Perte de poids
Témoin	6	6	2
Gomme purifié	1	4	1
Magramane (1mg/ml)	4	2	5
Magramane (2mg/ml)	3	1	3
Chene vert (1mg/ml)	5	5	4
Chene vert (2mg/ml)	2	3	6