



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi-Tébessa-
*Faculté de Science exacte et science de la nature et de
la vie*



Département de Biologie appliquée.

Filière : Sciences Biologiques

Option : Sécurité Alimentaire et Assurance Qualité.

Mémoire

EN VUE DE L'OBTENTION DE DIPLOME DE MASTER.

THÈME

**Etude des caractéristiques physique d'un emballage
biodégradable à partir des pattes de volailles.**

Présenté par : REZAIGUIA HASSEN et MEBARKIA ANIS

Devant les membres du jury :

Président	ZOUAOUI NACIM	MCB.	Univ.E.C.L.T (Tébessa).
Examineur	MANSOUR FADHILA	MCB.	Univ.E.C.L.T (Tébessa).
Promoteur	FERHI SELMA	M.C.A.	Univ.E.C.L.T (Tébessa).

Année universitaire 2022-2023

Remerciement

Nous tenons à exprimer toute nos reconnaissances à notre directrice de mémoire, Dr. **FERHI SELMA** Je la remercie de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseil é. J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté de me rencontrer et de répondre à mes questions durant mes recherches.

À tous ces intervenants, nous présentons nos remerciements, nos respects et nos gratitude.

Nous remercions spécialement, **Dr. ZOUAOUI NASSIM**, pour avoir accepté de présider le jury et discuter de ce travail.

Nous remercions **Dr. MANSOUR FADHILA**, qui nous a fait l'honneur d'examiner ce travail.

Nous souhaiterons finalement à remercier chaleureusement, tous nos proches, tous ceux qui sont près ou loin et qui nous ont apportés leur sollicitude et du soutien moral pour accomplir ce travail.

ملخص

الجيلاتين له خصائص وظيفية متعددة ومهمة. بالإضافة إلى كونه مصدرا للبروتين ، فإنه يستخدم في العديد من الصناعات الغذائية. من بين هذه الوظائف تشكيل ورقة غلاف متغيرة ، والتي تعتبر صديقة للبيئة في ظل الظروف البيئية الطبيعية. الهدف من هذا العمل هو تحديد الخصائص الفيزيائية لفيلم قابل للتحلل الحيوي نشط من البولييمرات الحيوية البروتينية (الجيلاتين المستخرج من أرجل الدجاج) المكمل بمواد نشطة بيولوجيا (زيت اللبان الأساسي) مع أنشطة مضادة للأكسدة ومضادة للميكروبات من أجل إطالة عمر الطعام.

تم إعداد الأفلام وفقا لأمرين 5 غرام من الجيلاتين/1 غرام من زيت اللبان و 7 غرام من الجيلاتين / 1 غرام من زيت اللبان. ثانيا ، تميزت المنتجات التي تم الحصول عليها بخصائصها (السماكة ، العتامة ، الذوبان ونفاذية بخار الماء). تم تحديد سمك الأفلام القابلة للتحلل الحيوي التي تم تطويرها باستخدام ميكرومتر. تظهر قيم السماكة أن أغشية أ (5 جم من الجيلاتين/1 جم من زيت اللبان) تبلغ 0.06 ± 11.16 (دولار أمريكي) و 0.030 ± 13.34 (دولار أمريكي) (7 جم من الجيلاتين/1 جم من زيت اللبان). وفقا للنتائج ، فإن الأفلام التي تعتمد على 7 جم من الجيلاتين تتفوق قليلا على الأفلام التي تحتوي على 5 جم. الذوبان في الماء هو خاصية مهمة للأغشية الصالحة للأكل نتائج ذوبان الأغشية الحيوية المطورة (5 ، 7) جم من الجيلاتين و 1 جم من زيت اللبان الأساسي هي 54 و 43 ٪ على التوالي.

يعد عتامة الأفلام أمرا مهما للغاية وفي بعض الأحيان يؤدي إلى ظروف التطبيق الغذائي للأفلام. كانت قيم العتامة 0.013 ± 0.077 (مم-1) و 0.071 ± 0.091 (مم-1) من أفلام 5 جم و 7 جم من الجيلاتين على التوالي. تتيج نفاذية بخار الماء قياس السهولة التي يخترق بها بخار الماء المادة. قيم نفاذية فيلمنا من 0.01 ± 0.28 و 0.66 ± 1 (0.012) ٪ جدا

Résumé

La gélatine a des propriétés fonctionnelles multiples et importantes. En plus d'être une source de protéines, il est utilisé dans de nombreuses industries alimentaires. Parmi ces fonctions, il y a la formation d'un papier de couverture variable, considéré comme respectueux de l'environnement dans des conditions environnementales naturelles. Le présent travail a pour objectif d'identifier les propriétés physiques d'un film biodégradable actif à partir de biopolymères protéique (gélatine extraite de pattes de poulets) additionné de substances bioactives (huile essentielles encens) dotées d'activités antioxydantes et antimicrobiennes afin de prolonger la durée de vie des aliments.

Les films ont été préparés selon deux ordres 5g de gélatine/1 g d'huile d'encens et 7g de gélatine/1 g d'huile d'encens. Dans un second temps, les produits obtenus ont été caractérisés par leurs propriétés (Epaisseur, Opacité, Solubilité et Perméabilité à la vapeur d'eaux).

L'épaisseur des films biodégradables développés a été déterminée en utilisant un micromètre. Les valeurs d'Epaisseur montrent que les films a (5g de gélatine/1 g d'huile d'encens) est de l'ordre de 11.16 ± 0.06 (μm) et 13.34 ± 0.030 (μm) (7g de gélatine/1 g d'huile d'encens). Selon les résultats, les films à base 7g de gélatine sont légèrement supérieurs à ceux de film de 5 g.

La solubilité dans l'eau est une propriété importante des films comestibles Les résultats de la solubilité des biofilms développés (5, 7) g de gélatine et 1g d'huile essentielle d'encens sont de 54 et 43 % respectivement.

L'opacité des films est très importante et conditionne parfois l'application alimentaire de films. Les valeurs d'opacité étaient 0.77 ± 0.013 (mm^{-1}) et 0.071 ± 0.091 (mm^{-1}) de films de 5 g et 7 g de gélatine respectivement.

La perméabilité à la vapeur d'eau permet de mesurer la facilité avec laquelle la vapeur d'eau pénètre un matériau. Les valeurs de perméabilité de notre film de 5\1 (0.28 ± 0.01)% et 7\1 (0.66 ± 0.012)% sont très faible .

Après un test de conservation des fruits de cerises fraîches, les fruits emballés dans notre biofilm formé par 5 g de gélatine et 1 g d'huiles essentielles ont restés en bon état (aspect et gout) durant les six jours de conservation

Nous réalisons que le biofilm développé à partir de 5 (g) de gélatine et 1% d'huile d'encens est plus efficace dans la conservation de cerises.

Mots clés : Pattes de volailles, Gélatine, biofilm, propriétés physiques, conservation

Summary

Gelatin has multiple and important functional properties. Apart from being a source of protein, it is used in many food industries. Among these functions is the formation of variable cover paper, which is considered environmentally friendly under natural environmental conditions.

The present work aims to identify the physical properties of an active biodegradable film from protein biopolymers (gelatin extracted from chicken feet) supplemented with bioactive substances (essential oil incense) endowed with antioxidant and antimicrobial activities in order to prolong the shelf life of food.

The films were prepared in two orders 5g gelatin/1g frankincense oil and 7g gelatin/1g frankincense oil. In a second step, the products obtained were characterized by their properties (Thickness, Opacity, Solubility and Permeability to water vapor).

The thickness of the developed biodegradable films was determined using a micrometer. The Thickness values show that the films a (5g of gelatin/1 g of incense oil) are of the order of 11.16 ± 0.06 (μm) and 13.34 ± 0.030 (μm) (7g of gelatin/1 g frankincense oil). According to the results, films based on 7g gelatin are slightly superior to those based on 5g film.

Water solubility is an important property of edible films The solubility results of the developed biofilms (5.7) g of gelatin and 1g of frankincense essential oil are 54 and 43% respectively.

The opacity of the films is very important and sometimes conditions the food application of films. The opacity values were 0.77 ± 0.013 (mm^{-1}) and 0.071 ± 0.091 (mm^{-1}) of 5 g and 7 g gelatin films respectively.

Water vapor permeability is a measure of how easily water vapor penetrates a material. The permeability values of our film of 5\1 (0.28 ± 0.01)% and 7\1 (0.66 ± 0.012)% are very low.

A fresh cherry fruit preservation test, the fruits wrapped in our biofilm formed by 5 g of gelatin and 1 g of essential oils remained in good condition (appearance and taste) during the six days of preservation.

We realize that biofilm developed from 5 (g) gelatins and 1% frankincense oil is more effective in preserving cherries.

Keywords: Poultry feet, gelatin, biofilm, physical properties, preservation

Remerciements.

Dédicace.

Résumé.

Abstract

ملخص .

Liste des figures.

Liste des tableaux.

Liste des abréviations.

Introduction générale 1

CHAPITER 1 PARTIE BEBLIOGRAPHIQUE

1. Historique d'emballage.....	2
1.2. L'emballage alimentaire	2
1.3. L'emballage en plastique	2
1.4. Définition d'un film biodégradable	3
1.5. Processus de la biodégradation.....	3
1.6. L'emballage actif	5
1.7. Les propriétés d'un emballage biodégradable	5
1.8. Les matériaux d'un film biodégradable.....	6
2. La gélatine.....	8
2.1 le définition de gélatine	8
2.2 La composition de gélatine	8
2.3 La structure de gélatine.....	9
2.4 Collagène à la Gélatine	9
3. Sources de gélatine.....	10
3.1 Gélatine de sources mammifères.....	10

3.2 Gélatine de sources marines	10
3.3 Gélatine de volaille	11
4. Les huiles essentielles.....	11
4.1. L'activité antimicrobienne des huiles essentielles	12
4.2. L'activité antioxydante des huiles essentielles	13

Chapitre 2 PARTIE EXPERIMENTALE

1. Lieu de l'étude	14
1.2 L'objectif de l'étude	14
1.3 Matière premier	14
2 .Matériel et Méthode.....	15
2.1 Préparation de l'échantillon	16
2.2 Préparation des solutions	16
2.3 L'extraction de la gélatine.....	17
2.4. Détermination du rendement d'extraction.....	18
3. Résultat et Discussion	24
3 .1 Rendement d'extraction	24
3 .2 Analyse physique	26
3.3 Application d'emballage	29
Conclusion	31
Références bibliographique	32

Annexes.

Liste des figures

Figure	titre	Page		
Figure 01	Mécanisme de biodégradation des polymères	05		
Figure 02	Structure des polysaccharides	07		
Figure 03	Structure de la gélatine	09		
Figure 04	Mécanisme d'action et sites cibles des huiles essentielles sur les cellules microbiennes	13		
Figure 05	Les pattes de poulet	14		
Figure 06	Les pattes après le traitement par NaOH	16		
Figure 07	Toile de mousseline.	16		
Figure 08	Filtration par toile de mousseline.	17		
Figure 09	Lavage avec l'eau distillée.	17		
Figure 10	La solution de la gélatine	17		
Figure 11	Séchage de solution de gélatine par l'étuve	18		
Figure 12	Poudre de gélatine	18		
Figure 13	Préparation de la solution filmogène	20		
Figure 14	La filtration de la solution filmogène	20		
Figure 15	Ecoulement de la solution filmogène dans la boîte Pétrie	21		
Figure 16	5 g de gélatine et 1 % l'huile essentiel	26		
Figure 17	7 g de gélatine et 1 % l'huile essentiel	26		
Figure 18	photo de cerise fraiche	29		
Figure 19	Cerise après 6j de conservation	30		
Figure 20	cerise après 6eme jour d'application de biofilm d'application de biofilm	30		
Figure 21	Echantillon 7 g de gélatine et 1 % l'huile essentiel après 6 j	30		

Liste des tableaux

Tableaux	titre	Page
01	Matériel et méthodes	15
02	Rendement en % de la gélatine extraite des pattes de poulet par divers traitements acides.	24
03	Caractéristiques sensorielles de gélatine extraite à partir des pattes de poulet	25
04	Caractéristiques sensorielles de différents biofilms poulet	25
05	Propriétés physiques des biofilms développés	26
06	critères sensoriels de l'échantillon Témoin négatif ou de cerise fraîches	29

Liste des abréviations

Ala: Alanine.

Arg : Arginine.

C° : Degré Celsius.

CH₄ : Méthane.

CO₂ : Dioxyde de carbone.

ESB : l'Encéphalopathie spongiforme bovine. **g:** Gramme.

Glu : Glutamate ou acide glutamique.

Gly: Glycine.

GRAS: Generally Recognized As Safe (Généralement considéré comme sûr).

H₂O: Molécule d'eau.

Hyp : L'hydroxyproline.

ISO: l'Organisation internationale de normalisation.

Ph: Potentiel d'Hydrogène.

PHA: le polyhydroxyalcanoates.

PLA : l'acide polylactique.

Pro : Proline.

TCAC : Taux de croissance annuel composé.

UICPA : L'Union internationale de chimie pure et appliquée. **%:** Pourcentage.

INTRODUCTION

Introduction

Selon plusieurs sources, l'emballage est l'un des secteurs les plus actifs de recherche et développement de la nanoscience alimentaire, notamment parce que ces développements sont susceptibles d'être largement appliqués à d'autres domaines d'activités (Commission de l'Éthique en Science et en Technologie (CEST) (2011; Duncan, 2011; vonLowis, 2012; Pérez-Esteve et al., 2013).

Au plan mondial, l'industrie de l'emballage totalise plus de 650 milliards de dollars US et emploie 5 millions de personnes dans 100 000 entreprises (dont plus de 65 % concernent le secteur alimentaire). Le marché global du nano-emballage dans l'alimentation et les boissons a été estimé, selon le rapport de Persistence MarketResearch, à 6,5 milliards de dollars en 2013, et son taux de croissance annuel serait de 12,7 % qui pourrait atteindre environ 15,0 milliards de dollars en 2020 (Bumbudsanpharoke et Ko, 2015), telles estimations de croissance sont accompagnées d'inquiétudes et de préoccupations concernant les risques pour la santé humaine et l'environnement, que représente l'introduction des nanoparticules dans les emballages alimentaires Transformation d'un animal vivant en carcasse destinée à la consommation humaine Génère à la fois des produits nobles composés essentiellement de tissu musculaire (viande) et de nombreux produits courants (abats, os, déchets organiques, etc.) (Bumbudsanpharoke et Ko, 2015).

Ces produits communs se sont avérés être relativement riche en protéines (gélatine), il semble donc intéressant d'adopter une stratégie de valorisation de ces protéines et leur utilisation notamment comme composants dans les produits alimentaires (Andreoux, 2003).

Ses propriétés fonctionnelles uniques font de la gélatine un ingrédient important Pour les industries photographiques, cosmétiques et pharmaceutiques (Segtnan et al., 2003 ; Schreiber et Garris, 2007). Ses propriétés biotechnologiques et pharmaceutiques son caractère unique en fait un excipient très important et polyvalent pour les applications produits pharmaceutiques, en particulier dans la fabrication de capsules de confinement et de libération Médicaments après ingestion par le patient (Segtnan et al., 2003)

Le présent travail a pour objectif d'identifier les propriétés physiques d'un film biodégradable actif à partir de biopolymères protéique (gélatine extraite de pattes de poulets) additionné de substances bioactives (huile essentielles encens) dotées d'activités antioxydantes et antimicrobiennes afin de prolonger la durée de vie des aliments.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Historique d'emballage

En Angleterre, en 1746, est apparu le premier produit emballé sous une marque : une boîte de poudre contre la fièvre. Ce pays se distingua encore avec l'emballage de savons, d'huile et de moutarde de marque. Jusqu'à la fin du 19ème siècle, les hommes utilisaient au mieux, pour l'emballage, les matériaux que la nature mettait à leur disposition : soit directement le bois, le liège, le cuir, l'argile, les fibres (chanvre, jute, raphia, osier...) soit après transformation comme le verre, les métaux, le papier. En 1850, l'apparition du tube de peinture souple a permis aux artistes peintres de parcourir la campagne, de ne plus être obligés de peindre en atelier ou par la fenêtre d'une demeure. C'est cet emballage qui permit l'avènement de l'impressionnisme (**DUMENIL-LEFEBVRE, 2006**).

Du temps des Romains l'emballage par excellence était constitué par des amphores en terre cuite qui transportaient huile, vin, froment, mais aussi or, métaux précieux et d'autres marchandises le long de la mer Méditerranée. La nature elle-même a trouvé des moyens ingénieux pour protéger tout ce qui est fragile et périssable par exemple coquilles de noix, d'œuf et le coquillage (**Laubenheimer, 1998**).

1.2. Emballage alimentaire

L'emballage alimentaire est un acteur clé des enjeux économiques, environnementaux et de santé publique dans le domaine alimentaire. Toutes les parties prenantes sont désormais invitées à participer à l'évolution des matériaux et des technologies d'emballage alimentaire pour des solutions plus durables pour l'environnement et la santé des consommateurs. Emballages alimentaires les fonctionnalités sont désormais étendues au-delà des propriétés de barrière passive vers des propriétés actives et intelligentes fonctions, dans le but de réduire les gaspillages et les pertes alimentaires (**Gontard et al., 2017**).

L'emballage, en tant qu'élément essentiel du couple produit-emballage, remplit diverses fonctions. Il permet notamment de mettre un produit à la disposition des utilisateurs et des consommateurs, de le conserver, de le protéger et de le transporter que ce produit soit consommé par les ménages, les artisans ou les fabricants (**Frédéric et al., 2022**).

1.3. Emballage en plastique

Les emballages alimentaires exceptionnellement en plastique sont un outil rentable pour minimiser le gaspillage alimentaire. Cependant, les emballages alimentaires en plastique génèrent rapidement des déchets et s'ils sont mal gérés, peuvent fuir dans l'environnement, ce qui nuit aux écosystèmes. En raison des avantages des emballages en plastique, la demande mondiale d'emballages en plastique a dépassé 147 millions de tonnes et continue d'augmenter

chaque année (**PlasticsEurope, 2020**).

Ces propriétés font des emballages alimentaires en plastique un élément crucial de la réduction des pertes et du gaspillage alimentaires à l'échelle mondiale, qui représenteraient environ 10 % émission anthropique de GES et coûteraient plus de 1 billion de dollars américains par an (**Springmann et al., 2018;GIEC, 2019**).

Malgré leurs propriétés bénéfiques, s'ils sont mal gérés, peuvent être rejetés dans l'environnement, entraînant des conséquences négatives pour les écosystèmes et les humains. en lessivant des produits chimiques dangereux et en introduisant un biote étranger (**Pawar et al., 2016**). Les plastiques sont également un moyen de transport important pour les produits chimiques toxiques, augmentant la concentration d'autres polluants (par exemple, les métaux et les perturbateurs endocriniens) dans le milieu marin d'un facteur de 1 million (**Mato et al., 2001**).

La majorité des matériaux d'emballage à base de plastique sont éliminés dans les décharges, ce qui augmente la pression sur les systèmes municipaux d'élimination des déchets. Les stratégies de réutilisation et de recyclage des matériaux sont importantes, mais aussi la biodégradabilité et la stabilité des matériaux d'emballage alimentaire sont devenues des solutions « vertes » et des caractéristiques de plus en plus essentielles (**Saadaoui et al., 2007**).

1.4. Définition d'un film biodégradable

Les films biodégradables se réfèrent à un type de matériau conçu pour se décomposer naturellement dans l'environnement. Les films biodégradables peuvent être utilisés pour emballer des produits alimentaires (**Pirsa et al.,2020**).

Les plastiques biodégradables nécessitent également des conditions spécifiques pour se décomposer, telles que la lumière du soleil ou certaines températures, Les films à base de protéines et de polysaccharides possèdent en général de bonnes propriétés barrières à l'oxygène à faible humidité relative et ont de bonnes propriétés mécaniques, mais leurs propriétés barrières à la vapeur d'eau sont médiocres en raison de leur caractère hydrophile (**Han, 2000**).

1.5 Processus de la biodégradation

« Est un processus entraînant une modification de la composition chimique et de la structure des contaminants causé par une activité biologique conduisant à des produits finaux de métabolites »

Biodégradation aérobie : « La dégradation des contaminants organiques par micro-organismes en présence d'oxygène ».

Biodégradation aérobie : « La dégradation des composés par micro-organismes en présence

d'oxygène ». Dans la biodégradation aérobie, les micro-organismes convertissent l'oxygène en eau dans le processus de transformation d'autres composants à des produits plus simples (**Courbat et al., 2010**)

Respiration aérobie : "Est-ce le processus par lequel les micro-organismes utilisent l'oxygène comme accepteur d'électrons pour générer de l'énergie (**Couto et al., 2006**) Respiration aérobie : « Le processus de destruction des composés organiques avec l'aide d'oxygène (O₂) est appelée respiration aérobie ». En respiration aérobie, les microbes utilisent l'O₂ pour oxyder une partie du carbone du contaminant en carbone dioxyde de carbone (CO₂), le reste du carbone étant utilisé pour produire une nouvelle masse cellulaire. Dans ce processus, l'O₂ est réduit, produisant de l'eau. Ainsi, le majeur mécanisme de processus 5 les sous-produits de la respiration aérobie sont le dioxyde de carbone, l'eau et une augmentation population de micro-organismes (**Couto et al., 2006**) Biodégradation anaérobie : « La dégradation des composés par micro-organismes en l'absence d'oxygène (**Couto et al., 2006**)

Respiration anaérobie : « Est-ce le processus par lequel les micro-organismes utilisent un titre chimique autre que l'oxygène en tant qu'accepteur d'électrons ».

Les « substituts » de l'oxygène sont le nitrate, le sulfate et le fer (**Courbat , 2010**) En anaérobie.

Respiration, nitrate (NO₃)

Procédés anaérobies : Les procédés anaérobies sont utilisés pour le traitement des eaux usées avec de fortes concentrations de matières organiques biodégradables, tel es qu'eaux usées domestiques concentrées, biosolides, lisier de fumier animal et déchets de transformation alimentaire. Les trois réactions biochimiques qui caractérisent les processus anaérobies sont : Hydrolyse : « Transformation médiée par des enzymes de composés organiques complexes composés en composés simples ».

Acidogénèse : « Est-ce la transformation bactérienne de composés simples en substrats pour la méthanogénèse (acétate, formiate, hydrogène, dioxyde de carbone) ». Méthanogénèse : « Est-ce la transformation bactérienne des substrats méthanogènes en méthane et en dioxyde de carbone (**Cruz, 2007**) » .

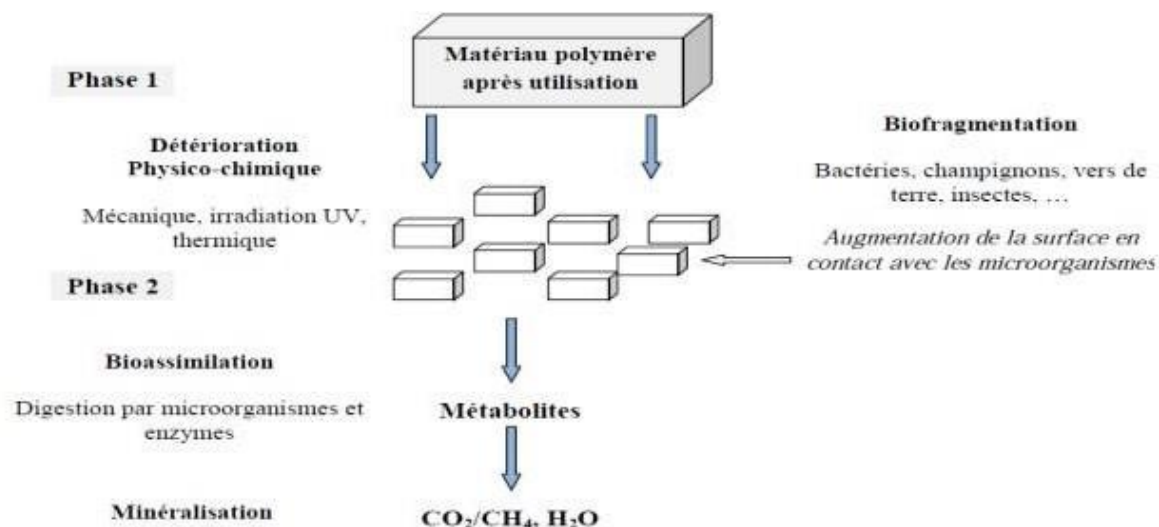


Figure 01 : Mécanisme de biodégradation des polymères. (Musso et al., 2017)

1.6 Emballage actif

Ils retardent également le développement microbien et permettent d'augmenter significativement la durée de vie sans ajout de conservateurs ou sans mise en œuvre de traitements susceptibles d'altérer les qualités gustatives ou nutritionnelles des aliments. Il peut ainsi permettre de modifier volontairement l'atmosphère interne de l'emballage pour améliorer la conservation des produits (Guillaume et al., 2008).

L'emballage actif améliore la qualité et la durée de conservation des produits au moyen de composants qui peuvent interagir avec les aliments emballés en libérant ou en absorbant dans l'environnement des substances directement liées au processus de dégradation, en modifiant la teneur en gaz et les saveurs, ou l'ajout d'antioxydants et d'antimicrobiens (Rooney, 1992 ; Miltz et MR., 2000 ; Soares et al., 2009, Suderman et al., 2018)

Les emballages contenant un antioxydant sont une catégorie importante des emballages actifs qui permet d'augmenter la durée de stockage des aliments. Les antioxydants protègent le polymère contre la formation de produits d'oxydation et de composés indésirables qui peuvent migrer vers les aliments provoquant une diminution de la qualité des produits (Suderman et al., 2018)

1.7 Propriétés d'un emballage biodégradable

Les films biodégradables sont généralement à base de polysaccharides, de protéines et de lipides, qui sont généralement non toxiques et peuvent agir comme barrières efficaces à l'oxygène et au dioxyde de carbone. Ainsi, ils peuvent réduire les déchets environnementaux et en même temps peuvent être utilisés comme un revêtement de protection pour maintenir la qualité des aliments (Silva-Weiss, 2012).

Les films biodégradables ont été largement étudiés pour leur potentiel de protection des matériaux alimentaires et servent de barrière contre l'humidité, le gaz, les arômes et les transferts de solutés, tout en offrant des avantages tels que des matériaux non toxiques et une production à faible coût (Said et Sarbon, 2014 ; Etxabide et al., 2017)

Parmi tous les types de films biodégradables, les films à base de protéine ont les propriétés les plus attrayantes. Ces films ont des propriétés de barrière de gaz impressionnantes par rapport à celles préparées à partir de lipides et de polysaccharides (Wittaya, 2012).

1.8 Matériaux d'un film biodégradable

- **Polysaccharides** sont des macromolécules naturelles constituées de chaînes de monosaccharides. Ils sont souvent utilisés dans la fabrication d'emballages biodégradables en raison de leur caractère renouvelable, de leur biodégradabilité, de leurs propriétés barrières et de leur biocompatibilité. Les polysaccharides les plus utilisés pour la fabrication d'emballages biodégradables sont la cellulose, l'amidon, la chitine et la chitosane.

Plusieurs études ont examiné le rôle des polysaccharides dans les emballages biodégradables et ont montré qu'ils ont les effets suivants :

- **Amélioration de la biodégradabilité du matériau** : Les polysaccharides sont biodégradables et peuvent être facilement dégradés par des microorganismes dans l'environnement, ce qui en fait des candidats idéaux pour une utilisation dans les emballages biodégradables.

1. Changer les propriétés barrières de l'emballage : Les polysaccharides peuvent être manipulés pour modifier les propriétés barrières de l'emballage, tels que la perméabilité à l'oxygène et à l'humidité.

- 2. Propriétés antimicrobiennes** : Certains polysaccharides ont des propriétés antimicrobiennes naturelles qui peuvent aider à prévenir la croissance bactérienne et fongique dans les aliments. (Rhim, J. W., Hong, S. I., & Park, H. M. (2009).

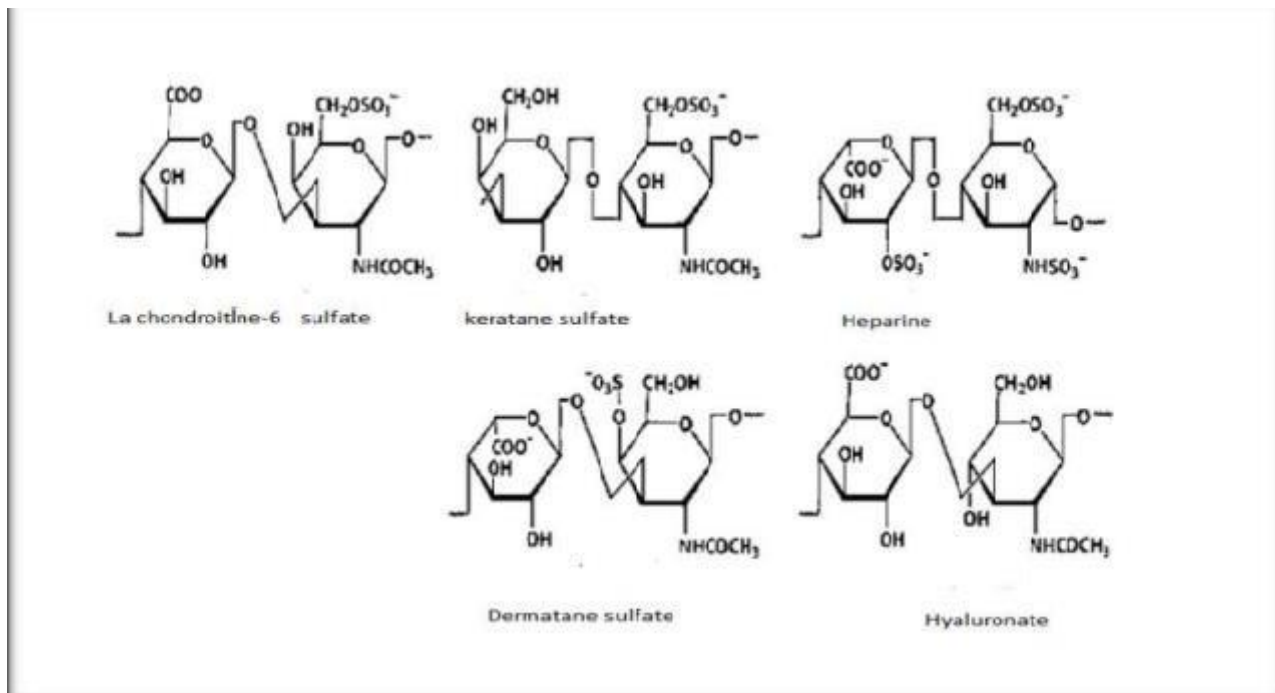


Figure 02 : Structure des polysaccharides (Voet et al ; 2005).

- **Les lipides** sont souvent utilisés dans la fabrication d'emballages biodégradables en raison de leur caractère renouvelable, de leur biodégradabilité et de leur compatibilité avec les aliments. Les lipides les plus couramment utilisés pour la fabrication d'emballages biodégradables sont les corps gras d'origine végétale et animale. Les lipides peuvent jouer plusieurs rôles importants dans les emballages biodégradables, notamment :

1. **Réduction de la perméabilité à l'air** : Les lipides peuvent réduire la perméabilité à l'air des emballages, en particulier lorsqu'ils sont combinés avec d'autres matériaux d'emballage tels que les polysaccharides.

2. **Élasticité et flexibilité** : Les lipides peuvent contribuer à la flexibilité et à l'élasticité des films d'emballage, les rendant plus souples et plus faciles à manipuler. (Cerqueira et al., 2016)

3. **Propriétés antimicrobiennes** : Certains lipides ont des propriétés antimicrobiennes naturelles qui peuvent aider à prolonger la durée de conservation des aliments. (Cerqueira et al., 2016)

- **Les protéines** sont des macromolécules naturelles qui ont des propriétés intéressantes pour la fabrication d'emballages biodégradables, notamment en ce qui concerne leurs propriétés fonctionnelles, leur biocompatibilité et leur biodégradabilité.

Plusieurs types de protéines ont été étudiés pour leur utilisation dans les emballages

biodégradables, notamment les protéines du lait, du soja, du blé et de la gélatine.

Les protéines peuvent jouer plusieurs rôles dans les emballages biodégradables, notamment

- a. **Amélioration des propriétés mécaniques** : Les protéines peuvent améliorer les propriétés mécaniques des films d'emballage, tels que la résistance à la traction et la résistance à la perforation.
- b. **Barrière aux gaz et vapeurs** : Certaines protéines peuvent former des films d'emballage qui présentent une barrière efficace aux gaz et vapeurs, tels que l'oxygène et l'humidité.
- c. **Bioactivité** : Certaines protéines peuvent avoir des propriétés bioactives, telles que l'activité antimicrobienne ou antioxydant, qui peuvent aider à prolonger la durée de conservation des aliments. (Trindade, M. A., & de Carvalho, R. A. 2015).

2- Gélatine

2.1 Définitions de gélatine

La gélatine est un produit protéique dérivé du collagène. C'est un hydro colloïde utilisé dans une très grande variété d'applications. Dans l'industrie pharmaceutique et photographique, elle est utilisée pour l'encapsulation et la formation des films biodégradables.

Dans l'industrie alimentaire, elle est utilisée comme agent gélifiant, épaississant et stabilisant.

Son nom est dérivé du latin gelatus, qui signifie ferme ou gelé. En plus de ses propriétés fonctionnelles intéressantes, La gélatine est une protéine digestible et possède une bonne valeur nutritionnelle (Poppe J.C,1999)

La gélatine est une substance solide translucide, transparente ou légèrement jaune, presque sans goût et sans odeur, obtenue par l'ébullition prolongée de tissus conjonctifs (peaux) ou d'os d'animaux (principalement porc, bœuf, boisson). C'est une protéine semi cristalline, ayant une structure chimique simple et caractérisée par sa grande affinité avec l'eau.

La production annuelle mondiale de la gélatine avoisine 320.000 (million de tonnes par année) 60% de cette production est destinée à l'industrie alimentaire et le reste est exploité dans les industries pharmaceutiques, la production des films de photographie et autres (El kolli H2009)

2.2 composition de gélatine

La gélatine est une glycoprotéine. Elle contient 90-95 % de protéines, 1- 2% de sels minéraux et le reste est de l'eau. Les acides aminés constituant la gélatine sont : la glycine (21 %), la proline (12 %), l'hydroxyproline (12 %), l'acide glutamique (10 %), l'alanine (9 %), l'arginine (8 %), l'acide aspartique (6 %), la lysine (4 %), la sérine (4 %), la leucine (3 %), la valine, la phénylalanine et la thréonine (2 %), l'isoleucine et l'hydroxylysine (1 %), la méthionine et

l'histidine (< 1 %) et la tyrosine (< 0,5 %) (Meudre, 2015).

La gélatine contient un total de 18 acides aminés en différentes concentrations, la liaison de ces acides forme des chaînes polypeptidiques, chaque chaîne contient environ mille acides aminés (Gomez-Guillen et al., 2002)

1.1 Structure moléculaire de la gélatine

La molécule de gélatine peut contenir entre 300 et 4000 unités d'acides aminés (Norland, 2006)

. La Séquence de ces derniers se présente de la manière suivante -Ala-Gly-Pro-Arg-GlyGlu4Hyp-Gly-Pro- comme le représente le schéma suivant : R

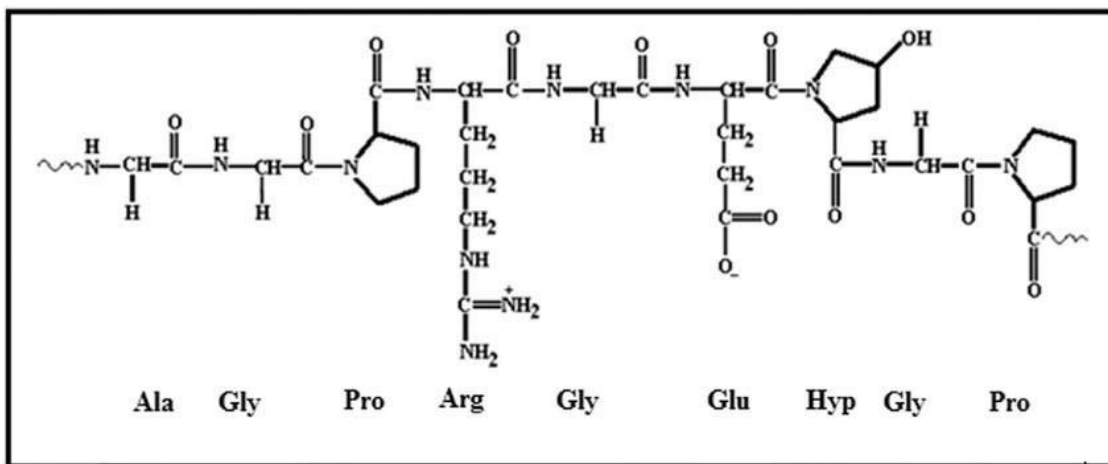


Figure 03 : Structure de la gélatine (Norland, 2006)

1.2 Collagène à la Gélatine

La conversion du collagène en gélatine a été longuement étudiée. (Harding, 1964; Veis, 1964; Ward & Courts, 1977). Elle se réalise en deux étapes : la solubilisation du collagène (soit en milieu acide, soit en milieu basique) et sa conversion en gélatine. Cette dernière est le résultat de la dénaturation de la structure tertiaire de la triple hélice de tropocollagène. Les chaînes se dissocient et adoptent alors une configuration pelote statistique (Jones, 1987).

La fabrication industrielle de la gélatine consiste principalement à contrôler

l'hydrolyse du collagène et à convertir le produit en un matériel soluble avec des propriétés physico-chimiques souhaitées, telles que la force en gel, la viscosité, le point isoélectrique, etc.

Il existe essentiellement deux procédés pour la fabrication de la gélatine :

* Le procédé acide qui s'applique surtout sur des matériaux peu réticulés comme le collagène

de la peau de porc. C'est un procédé peu coûteux et rapide (2 jours), utilisé principalement pour l'industrie alimentaire.

*Le procédé alcalin, méthode longue (45 à 90 jours) et plus coûteuse, principalement utilisé pour des collagènes plus complexes comme ceux provenant des os et peaux de bovins. Son objectif est de détruire les liaisons chimiques encore présentes dans le collagène. Ce procédé permet de fabriquer de la gélatine principalement utilisées dans l'industrie pharmaceutique (capsules), photographique (films) et alimentaire.

3. Sources de gélatine

3.1. Gélatine de sources mammifères

Bovin et porc, à 46% pour la peau de porc, 29,4% pour la peau de bovin et 23,1% pour le porc et le bovin.

Les gélatines de peau bovine et porcine sont largement répandues dans l'industrie alimentaire l'industrie en raison de leur grande disponibilité. Généralement, la gélatine de peau bovine est connue sous le nom de type la gélatine B et est produite à partir d'un traitement alcalin, tandis que la gélatine de peau de porc est produit à partir d'un traitement acide (**Hafida et al.,2009**) .avec un point isoélectrique de pH 4,8–5,5 et pH 7–9,4, respectivement (**Ledward, 2000**).

Valeurs de floraison de la peau de porc et de la gélatine de peau de bovin ont été rapportées dans la gamme de 130-308 g et 227-350 g respectivement. Les valeurs de viscosité de la gélatine de peau de porc vont de 6,37 à 7,28 cP et la valeur de viscosité de gélatine de peau bovine a été rapportée à 3.90 (**Mahmoodani, 2014**).

La composition en acides aminés de la gélatine porcine a été trouvée plus élevée dans les teneurs en glycine, proline et arginine par rapport à la gélatine bovine (**Yaakob, 2011**) La gélatine de mammifère est plus populaire que d'autres sources en raison de leurs qualités de gel supérieures (force et viscosité du gel) et leurs fortes propriétés filmogènes.

Cependant, les gélatines de mammifères présentent des inconvénients et des problèmes majeurs concernant la religion.

Le l'utilisation d'alternatives à la gélatine provenant de diverses sources est devenue très avantageuse pour l'industrie alimentaire en raison de l'intérêt croissant pour le marché mondial des produits certifiés halal nourriture.

3.2. Gélatine de sources marines

La gélatine de poisson a généralement une valeur de floraison inférieure allant de 0 à 270 g par rapport aux valeurs de bloom pour la gélatine de mammifère (130–308 g). Les gélatines marines

peuvent présenter une gamme plus large de valeurs de bloom en raison des différences de teneur en proline et en hydroxyproline dans les collagènes de différents types d'espèces et la température de l'habitat. La gamme de viscosité les valeurs rapportées pour la peau de gélatine de différentes espèces de poissons d'eau douce vont de 1,87 à 3,63 cP (**Ratnasari 2016**).

La variation de la valeur de viscosité peut être due à différentes espèces de poissons. Le profil des acides aminés de la gélatine préparée à partir de peau d'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) avait une proportion élevée de résidus glycine et iminoacide. Dans l'ensemble, la gélatine de poisson présente de bonnes propriétés dans films, restant transparents, presque incolores, solubles dans l'eau et très extensibles (**Alfaro et al.,2014**)

De nombreuses études ont été menées sur des films de gélatine marine actifs et intelligents tels que films composites actifs de gélatine de peau de poisson/huiles essentielles de menthe poivrée et poissons intelligents films composites gélatine/extraits de camerises (**Liu et al.,2019**)

3.3. Gélatine de volaille

De nouvelles sources de gélatine telles que la peau, les pieds et les os de volaille ont attiré l'attention en tant que substitution aux ressources mammifères (**NikAisyah et al.,2014**). Les espèces de volaille utilisées comprennent des espèces de canard, poulet et dinde. Il a été rapporté que la gélatine aviaire possède des acides aminés, secondaires structure et poids moléculaire (285 000 g / mol) presque similaires à ceux des mammifères gélatine (350,00 g/mol) (**Abedinia et al.,2019**)

ont rapporté ce gel de peau de poulet et de gélatine de pattes de poulet a une valeur de floraison nettement plus élevée (355,00 g et 264,33 g, respectivement) par rapport à la gélatine bovine (229,00 g). Entre-temps, (**NikAisyah et al.,2013**). ont rapporté que la gélatine de pattes de canard avec divers traitements acides avait force de floraison plus élevée (225,53–334,17 g) que la gélatine bovine commerciale, qui présentait valeur de floraison à 216,63 g (haute résistance à la floraison) (**NikAisyah et al.,2013**)

4. huiles essentielles

Selon la définition de l'Organisation internationale de normalisation (**ISO**), le terme « huile essentielle » est réservé à un « produit obtenu à partir de matières premières végétales, soit par distillation à l'eau ou à la vapeur, soit par distillation à sec » (**ISO 9235, 1997**), c'est-à-dire par voie physique seulement. En conséquence, la plupart des huiles essentielles disponibles sur le marché sont obtenues par hydrodistillation (**Turek et Stintzing, 2013**).

Les huiles essentielles sont extraites de diverses plantes aromatiques généralement situées dans

des pays tempérés chauds tels que les pays méditerranéens et tropicaux où elles représentent une partie importante de la pharmacopée traditionnelle. Ils sont liquides, volatils, clairs et rarement colorés, liposolubles et solubles dans des solvants organiques d'une densité généralement inférieure à celle de l'eau. Ils peuvent être synthétisés par tous les organes végétaux, c.-à-d. bourgeons, fleurs, feuilles, tiges, brindilles, graines, fruits, racines, bois ou écorce, et sont stockés dans des cellules sécrétoires, cavités, canaux, cellules épidermiques ou trichomes glandulaires (**Bakkali et al., 2008**).

Les huiles essentielles sont des composés volatils, naturels et complexes caractérisés par une forte odeur et sont formées par des plantes aromatiques comme métabolites secondaires.

Elles sont généralement obtenues par la vapeur ou l'hydrodistillation développée au Moyen Âge par les Arabes. Connus pour leurs propriétés antiseptiques, c.-à-d. bactéricides, virucides et fongicides, et médicinales et leur parfum, ils sont utilisés dans l'embaumement, la conservation des aliments et comme antimicrobiens, analgésiques, sédatifs, anti-inflammatoires, spasmolytiques et anesthésiques locaux. Jusqu'à présent, ces caractéristiques n'ont pas beaucoup changé, sauf que l'on en sait maintenant davantage sur certains de leurs mécanismes d'action, en particulier au niveau antimicrobien (**Bakkali et al., 2008**).

4.1. Activité antimicrobienne des huiles essentielles

Plusieurs chercheurs ont suggéré que l'action antimicrobienne des huiles essentielles peut être attribuée à leur capacité à pénétrer à travers les membranes bactériennes à l'intérieur de la cellule et à exercer une activité inhibitrice sur les propriétés fonctionnelles de la cellule et sur leurs propriétés lipophiles (**Fisher et Phillips, 2009 ; Bajpai et al., 2012**). La nature phénolique des huiles essentielles provoque également une réponse antimicrobienne contre les bactéries pathogènes d'origine alimentaire (**Shapira et Mimran, 2007 ; Bajpai et al., 2012**). Les composés phénoliques perturbent la membrane cellulaire, ce qui entraîne l'inhibition des propriétés fonctionnelles de la cellule et finit par provoquer une fuite du contenu interne de la cellule (**Bajpai et al., 2012**).

L'interaction des huiles essentielles avec les membranes cellulaires microbiennes entraîne l'inhibition de la croissance de certaines bactéries à Gram positif (*Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* et *Bacillus cereus*) et à Gram négatif (*Escherichia coli* et *Salmonella Enteritidis*) (**Calsamiglia, et al., 2007**). Cependant, il a été démontré que les bactéries à Gram positif sont plus sensibles aux huiles essentielles que les bactéries à Gram négatifs en raison de l'interaction directe de la membrane cellulaire avec les composants hydrophobes des huiles essentielles (**Shelef, 1983 ; Chao et al., 2000**). Contrairement aux bactéries à Gram négatifs, qui possèdent des parois cellulaires hydrophiles ce qui aide à prévenir la pénétration des composés

hydrophobes des huiles essentielles (Calsamiglia et al., 2007).

Les composés phénoliques présents dans les huiles essentielles, comme l'eugénol, le thymol et le carvacrol, sont généralement responsables des activités antibactériennes des huiles essentielles (Knobloch et al., 1986 ; Dorman et Deans, 2000). Ces composés peuvent provoquer la coagulation du contenu cellulaire et la perturbation de la membrane cytoplasmique/du flux d'électrons/de la force motrice du transport protonique/actif (Denyer, 1991 ; Pauli, 2001).

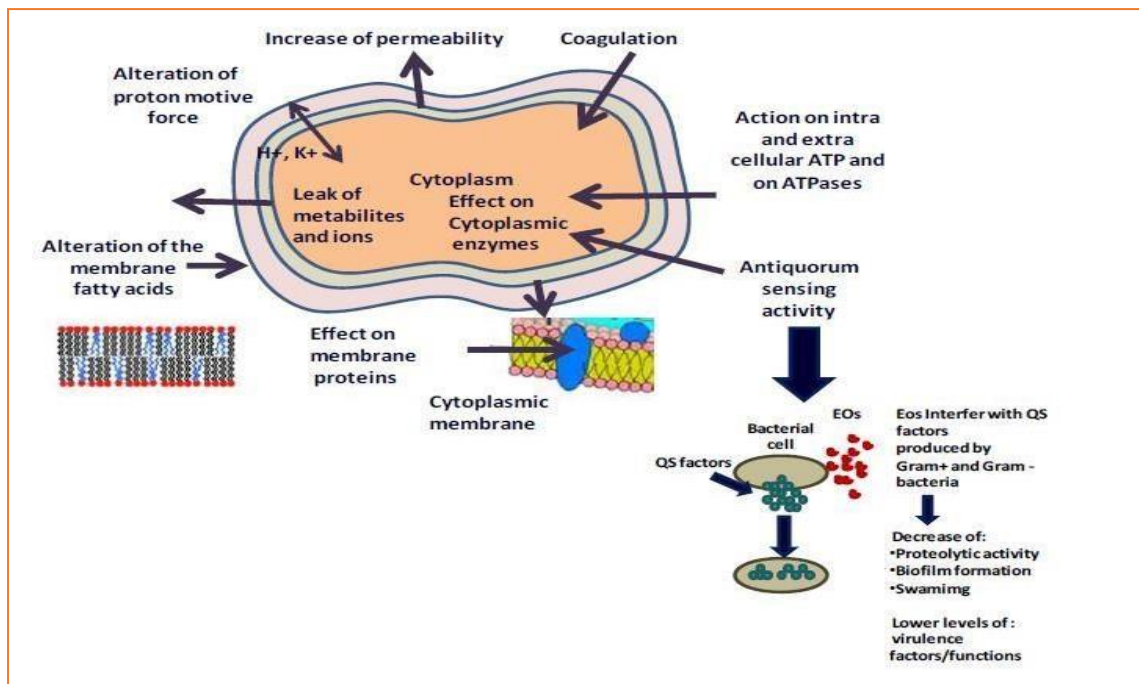


Figure 04: Mécanisme d'action et sites cibles des huiles essentielles sur les cellules microbiennes. (Nazzaro et al., 2013).

4.2. Activité antioxydante des huiles essentielles

Les huiles essentielles présentent d'excellentes propriétés antioxydantes. Le potentiel antioxydant des huiles essentielles dépend de la composition des huiles essentielles. Les composés phénoliques et autres métabolites secondaires présents dans les huiles essentielles (contenant des liaisons doubles conjuguées) présentent généralement des propriétés antioxydantes importantes (Koh et al., 2002). La plupart des composés actifs qui présentent des propriétés antioxydantes sont le carvacrol et le thymol. L'activité de ces composés est liée à leur structure phénolique. En raison des propriétés redox des composés phénoliques, ils jouent un rôle vital dans la neutralisation des radicaux libres et aussi dans la décomposition des peroxydes (Burt, 2004). L'activité antioxydante des OE est également due à d'autres composés présents dans les huiles essentielles comme les alcools, les cétones, les aldéhydes, les éthers et les Monoterpènes (Aruoma, 1998).

PARTIE EXPERIMENTALE

1.1 Lieu d'étude

L'étude a été réalisée au niveau de laboratoire pédagogique n°01 est n°05 de bloque A, de contrôle de qualité alimentaire département de biologie appliquée Faculté des sciences exactes est sciences de la vie, Université Larbi Tébessi, Tébessa

1.2 L'objectif

Notre travail a pour étude physique d'un matériau d'emballage biodégradable préparé à partir de gélatine des pattes de volailles additionné de l'huile essentielle d'encens.

1-3 Matière première

Les pattes des volailles sont un sous-produit précieux qui représente environ 5 % du poids de la volaille abattue. Est bonne source de collagène donc apporté de 16 kg de pattes.

Les pattes de poulet utilisées dans notre étude nous ont été fournies par une boucherie qui se trouve (Boutarfa par Annaba) 2 kilomètre de la ville de Tébessa - Algérie –avec des conditions pertinence glacière à température optimale 1C°. Dans la période de fin de février mars et avril 2023.



Figure 05: Les pattes de poulet

2- Les matériels et les produits chimiques

2-1- Matériel et produits utilisés dans la création du film

Materiel et Verrerie	Produit
-Réfrigérateur. -Une balance analytique DE Scout Pro. -Une balance de précision KERN ALS220-4N -Agitateur chauffant de LAB TECH. -Etuve à 45C° -Bec benzène - Béchers (500ml). - Béchers (50 et 20 ml) -Erlenmeyer (1l). -Pipette gradué. -Boite Pétri. -Micropipettes. -Papier aluminium. -Para film. -Une toile de mousseline -Spatules.	- Gélatine extraite des pattes de poulet. - Tween 20. - Glycérol. - L'huile essentielle d'encens. - L'eau distillée. - L'eau du robinet.

2-2 Récolte des pattes de poulet

Nous faisons un choix des pattes nées pas blessées et nées pas moisies donc des pattes fraîches de couleur blanche en rejette toute les pattes inutilisables

2-3 Transport et Conservation

Nous avons apporté des pattes de poulet fraîches en glacière à une température de 1°C de l'abattoir de Boutarfa après avoir inspecté la propreté de l'abattoir et la qualité de la viande de poulet qui s'y trouve.

2-4 Nettoyage et décapage des pattes de poulet

- Les pattes de poulet provenant de l'abattoir ont été lavées à l'eau de robinet pour éliminer tout résidu de sang et de saleté. Découper les ongles par coupe des ongles.

Retirer les croûtes de la peau des pattes de poulet et laver à l'eau du robinet. Puis, ils ont été broyés dans le hachoir à viande.

2-5. Découpage à des petites pièces

Après les étapes précédemment mentionnées, nous coupons les pieds de poulet préparés en petits morceaux (3cm) puis Hachée les pieds de poulet manuellement par un hachoir (Figure n° 05)



2-6 Stockage

Placez chaque 100g dans un sac en plastique, et gardez-le à température de congélation dans le réfrigérateur jusqu'à ce qu'il soit temps d'utiliser les pattes de poulet.

3- L'extraction de la gélatine

L'extraction a été effectuée selon (Suparno et Prasetyo , 2019), avec modification et après plusieurs essais nous avons suivi le présent protocole avec

La première étape est le processus de prétraitement avec une solution de NaOH visant à éliminer les protéines non collagènes et autres impuretés telles que les graisses, les minéraux, les pigments et les odeurs (Suparno et Prasetyo , 2019). 100g des pattes de poulet hachés ont été minéralisés avec de l'hydroxyde de sodium de 0,5 M (1:5 p/v) pendant 20 h à température de réfrigération, puis filtrés par toile de mousseline trois fois. Le résidu a été lavé à plusieurs reprises avec de l'eau distillée (1:2, p/v) jusqu'à ce que le pH devienne neutre. L'excès d'eau a été éliminé par filtration à l'aide de toile de mousseline

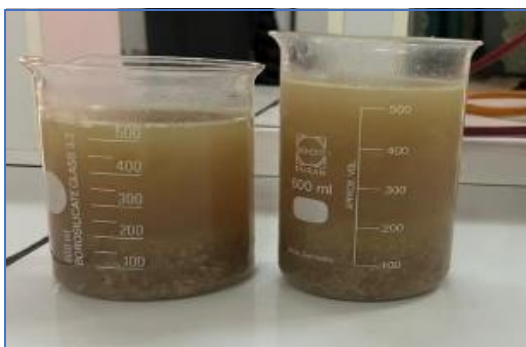


Figure 06 : Les pattes après le traitement par NaOH (Photos personnelle)



Figure 07 : Toile de mousseline.



Figure 08: Filtration par toile de mousseline

(Photos personnelle)

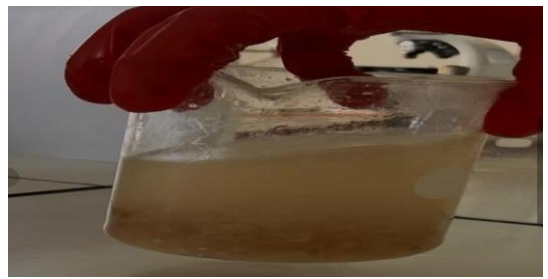


Figure 09: Lavage avec l'eau distillée.

(Photo personnelle)

La deuxième étape était l'hydrolyse avec une solution d'acide acétique (CH_3COOH) pour modifier la structure des fibres de collagène afin de faciliter le processus d'extraction (**Suparno et Prasetyo, 2019**). Les pattes de poulet sont totalement solubilisés dans 3 volumes de l'acide acétique de concentration 5 % (1/3 p/v) pendant 3.5 heures sous agitation chauffante à 66°C jusqu'à évaporation de l'acide acétique puis filtrés par toile de mousseline 3fois. (Après plusieurs expériences nous avons travaillé avec cette température et ce rapport entre l'acide acétique et les pattes de poulet).

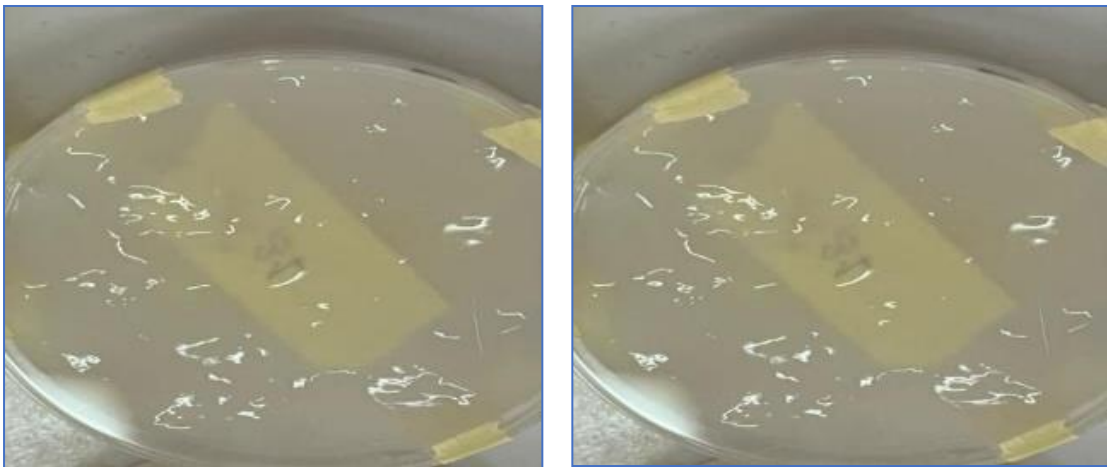


Figure 10 : La solution de la gélatine (Photo personnelle).

La troisième étape c'est le séchage de la solution de gélatine par l'utilisation de chambre environnementale (Etuve) à 45°C pendant 60 h jusqu'à l'élimination totale de l'eau, puis la feuille de gélatine a été broyé manuellement à l'aide de mortier pour l'obtention de poudre de gélatine. (Au cours du premier essai nous avons effectué le séchage par le lyophilisateur puis on l'a remplacée par l'étuve car il ne donne pas le résultat souhaité et prendre beaucoup du temps).



Figure 11 : Séchage de solution de gélatine par l'étuve (Photo personnelle).



Figure 12 : Poudre de gélatine (Photo personnelle).

3.1. Détermination du rendement d'extraction

Le rendement de l'extraction de la gélatine a été exprimé en pourcentage et calculé selon la formule suivante :

$$R = (PG / PP) \times 100$$

R : rendement de l'extraction en %.

PG : Poids de la poudre de gélatine.

PP: Poids des pattes de poulet.

4. Préparation de film de gélatine

4.1. Matériaux utilisés dans la préparation de film

4.1.1. Gélatine : Extraite de pattes de poulet

La capacité à former un gel est sans aucun doute l'un des plus importants propriétés de la gélatine. La gélatine gonfle lorsqu'elle est placée dans de l'eau froide, absorbant 5 à 10 fois son propre volume d'eau. Lorsqu'elle est chauffée à des températures supérieures au point de fusion, la gélatine enflée se dissout et forme un gel lorsqu'elle est refroidie. Cette conversion sol-gel est réversible et peut être répétée. Cette caractéristique est avantageuse dans de nombreuses applications alimentaires. De plus, les gels de gélatine commencent à fondre entre 27 et 34 °C et ils ont tendance à fondre dans la bouche. C'est une propriété souhaitable dans de nombreux aliments (**Imeson, 1992**).

4.1.2. Plastifiant : Le glycérol

Les plastifiants sont des molécules peu volatiles qui sont ajoutées aux matériaux biopolymères pour permettre la modification des propriétés fonctionnelles des films en augmentant leur extensibilité, leur dispensabilité, leur flexibilité, leur élasticité, leur rigidité et leurs propriétés mécaniques (**Hanani et al., 2014**). Les polyols se sont révélés particulièrement efficaces pour plastifier les polymères hydrophiles (**Ghasemlou et al., 2011 ; Tihminlioglu et al., 2010**). C'est pourquoi de nombreux chercheurs récents se sont concentrés sur l'utilisation de polyols tels que le glycérol (**Li et al., 2011 ; Muscat et al., 2012**).

4.1.3. Emulsifiant : Tween 20

Tween 20 se présente sous forme d'un liquide huileux jaune citron à l'odeur caractéristique, soluble dans l'eau. Il est utilisé comme agents émulsifiants pour stabiliser l'huile dans les émulsions d'eau (**Martins et coll., 2011**).

4.2. Préparation de film de gélatine

La préparation de film à base de gélatine a été effectuée selon (Lee et al., 2015) et (Nazmi et Sarbon, 2019) avec modification et après plusieurs essais nous avons suivi le présent protocole avec (Dr. Ferhi Selma).

Pour préparer la solution filmogène 5g de poudre de gélatine a été mélangée avec 100 ml d'eau froide distillée (Lee et al., 2015), en s'assurant que toutes les particules sont humidifiées uniformément et laissé gonfler suffisamment au moins 5 min, le mélange a été agité en continu à 60°C pendant 10 min, ajouter 2 g de glycérol (plastifiant) et 0,25 g de tween 20 (émulsifiant) (Lee et al., 2015) en agitant pendant 10 min à 40 °C. Ajouter 0,50 g d'huile essentiel e d'encensen remuant pendant 2 min après avoir abaissé la température de la solution pour conserver les composés volatils de l'huile. Après filtration de la solution filmogène par toile de mousseline (le filtrat 80 ml) chaque 20 ml a été versé sur la boîte de Pétri et laissé à température ambiante pendant 18h et séché par l'étuve à 45°C (Nazmi et Sarbon, 2019).

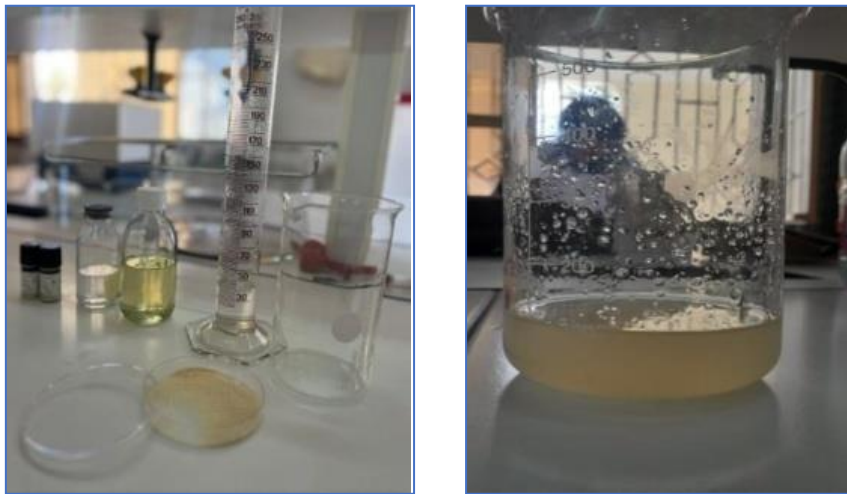


Figure 13 : Préparation de la solution filmogène (Photos personnelle).

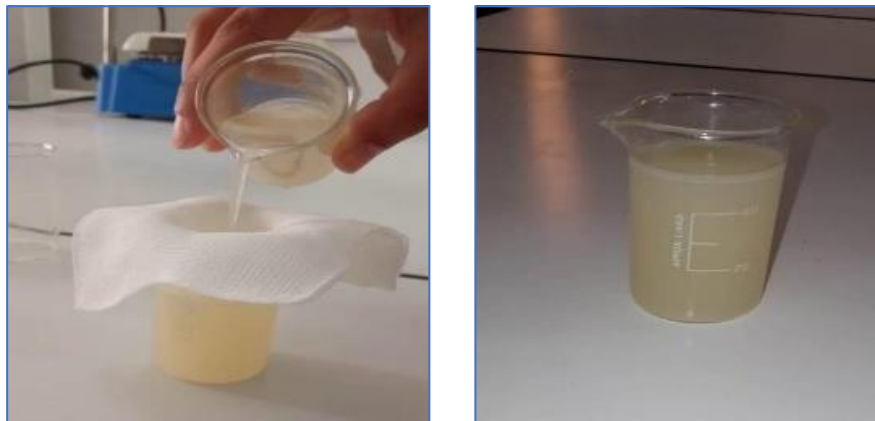


Figure 14: La filtration de la solution filmogène (Photo personnelle).

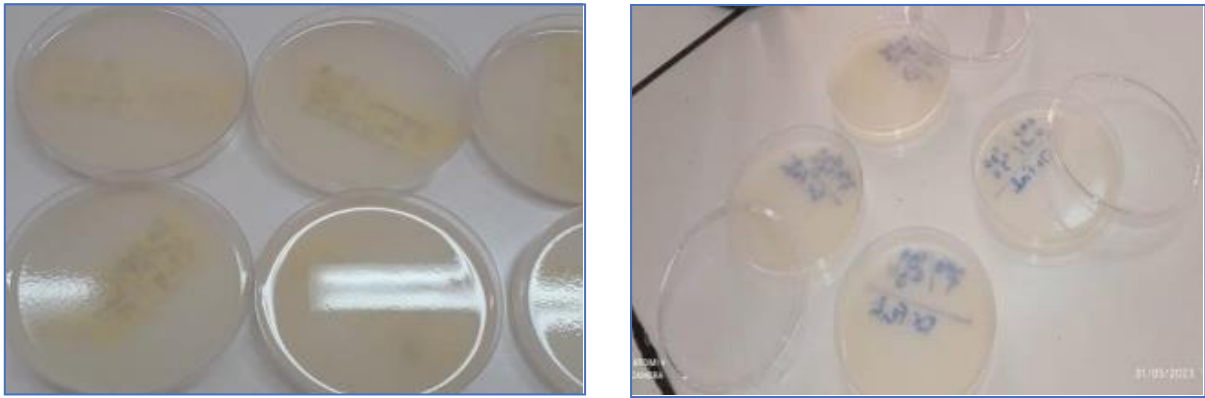


Figure 15: Ecoulement de la solution filmogène dans les boîte Pétri (**Photo personnelle**).

Analyse sensorielle :

L'analyse sensorielle est une science multidisciplinaire qui fait appel à des dégustateurs et à leur sens de la vue, de l'odorat, du goût, du toucher et de l'ouïe pour mesurer, analyser et interpréter les réactions aux caractéristiques organoleptiques et l'acceptabilité de produits alimentaires ainsi que de nombreux autres produits (**Watts et al., 1991; Jain et Gupta, 2005**).

Il s'agit donc d'utiliser l'être humain comme instrument de mesure en mettant à profit ses capacités olfactives, gustatives, visuelles, auditives et tactiles pour caractériser et évaluer les qualités sensorielles d'un produit (**ISO 5492, 1992; Claustrioux, 2001; Chen-yen-Su, 2016**).

- L'analyse sensorielle de gélatine extraite et les différents biofilms a été conduite entre nous un groupe de 10 étudiants dans notre laboratoire.
- La différenciation sensorielle entre les échantillons des bios films développés a été menée pour comparer la couleur, la texture, odeur et l'aspect, quatre échantillons de biofilms sont mis en comparaison :
 1. Echantillon 02 formé de : 5(g) de gélatine est 1%huile essentielle ;
 2. Echantillon 04 formé de : 7(g) de gélatine est 1% huile essentielle ;

5-Analyse physique

5-1Épaisseur des films

L'épaisseur des films biodégradables développés à base de gélatine a été déterminée en utilisant un micromètre manuel (Mitutoyo, modèle 102 - 707, Japon, précision : 0,001 mm) à partir de la moyenne d'au moins trois mesures aléatoires effectuées sur chaque film (**NurHanani et al., 2013**).

5-2 Opacité

L'opacité des films a été déterminée par la mesure de la densité optique des films découpé en morceaux rectangulaires d'une taille de 1/2cm à une longueur d'onde de 500 nm. Par la suite l'opacité a été calculée selon l'équation suivante décrite par **(Gontard et al., 1994)**

Opacité = absorbance à 500 nm /épaisseur du film

5-3 Solubilité des films dans l'eau

La solubilité des films préparés dans l'eau a été déterminée selon la méthode décrite par **(Rhim et al., (2005).**

Les échantillons sélectionnés de manière aléatoire à partir de chaque film ont d'abord été séchés dans une étuve à 110 ° C pendant 6 h pour déterminer la masse initiale de film sec (**MS**).

Ensuite, chaque échantillon est individuellement placé dans des béchers contenant 40 ml d'eau distillée.

Les béchers sont ensuite recouverts du para film et conservés à température ambiante pendant 24h.

La masse de film non dissous a été déterminée en retirant les morceaux de films des béchers, en les rinçant avec de l'eau distillée et en les séchant dans une étuve (110 ° C, 6 h).

La masse de film hydrosoluble (**Mh**) a été calculée en soustrayant la masse de matière sèche non dissoute de la masse initiale de film sec.

Le taux de solubilité (**TS**) du film dans l'eau a été déterminé à partir de l'équation suivante :

$$(\text{TS}) = \frac{Mh}{Ms} \times 100$$

Mh : masse matière humide

Ms : masse matière sèche

5-4 Perméabilité des films à la vapeur d'eau

Afin de mesurer la perméabilité des films préparés à la vapeur d'eau 5g de chlorure de calcium (CaCl₂) a été ajoutée dans des béchers.

Ces béchers sont ensuite recouverts par les films, sans trous ni défauts, est scellés avec du para film.

Afin de maintenir un gradient d'humidité relative autour de 100% à travers le film, les béchers sont placés à l'intérieur d'un dessiccateur contenant de l'eau distillée.

L'humidité relative à l'intérieur du bécher est toujours inférieure à celle de l'extérieur. La vapeur

d'eau transférée à travers le film et adsorbée par le desséchant est déterminée à partir de l'augmentation de masse du chlorure de calcium enregistrée à différents moments.

Les béchers sont pesés au départ et à chaque 12 h dans un intervalle de 24h.

Application de biofilm

Afin de tester l'efficacité de biofilm développé sur la durée de conservation, un test de conservation a été appliqué sur les cerises durant 6 jours. Des fruits intacts (6 perles dans chaque échantillon) sont juste essuyés avec une compresse stérile. Par la suite, les cerises ont été séparées en 3 groupes:

- Le premier groupe laissé à l'air libre comme témoin négatif ;
- Echantillon 01 emballé avec un bio film de 5(g) de gélatine est 1 % l'huile essentielle ;
- Echantillon 03 emballé avec un bio film: 7(g) de gélatine est 1 % l'huile essentielle ; Les échantillons sont conservés à l'air libre à température ambiante (17-20) ° C, le suivi de l'aspect visuel a été effectué sur place de façon quotidienne jusqu'au 6^{eme} jours.

Chapitre2 : Résultats et discussion

1. L'extraction de gélatine

Après l'extraction de la gélatine à partir des pattes de poulet, le rendement de l'extraction a été calculé selon le rapport entre le poids de poudre de gélatine par rapport au poids des pattes de poulet. Comme indique (**le tableau 01**), le rendement de l'extraction était de l'ordre de **(9.04 % la moyenne des 3 valeurs)**. Cette valeur est supérieure à celle trouvée par **dans un autre étude (Entre 3.50 % et 7.65 %)** et trop grand par rapport au rendement de (**Suparno et Prasetyo , 2019**)(**0,14 %**). En outre, la valeur est également inférieur au rendement en gélatine de **dans un deuxième études (10.16 %)** de part et d'autre part supérieur aux 2 valeurs(**6.59 % et 8.51%**) présentés par le même référence.

La méthode d'extraction par l'utilisation de l'acide acétique est une méthode d'extraction qui a l'avantage de produire du collagène avec une production relativement rapide, nécessite peu d'équipement, peut être produite en continu, peu de déchets et des coûts de production réduits. La différence de rendement peut être causée par la différence entre les méthodes d'extraction, la concentration en solution, le type de matériau, ainsi que par la différence de température et de temps d'extraction. (**Zaelani et al., 2019**).

Tableau 01 : Rendement en % de la gélatine extraite des pattes de poulet par divers traitements acides.

Source et méthode d'extraction	Le rendement en %
Notre résultat	9.04 %
	9.09 %
	8.99 %
Extraction à partir des pattes de poulet par l'acide acétique . dans un deuxième études	6.59 %
	8.51%
	10.16 %
Hydro-extraction à partir des pattes de poulet (Suparno et Prasetyo , 2019).	0,14 %
Extraction à partir des pattes de poulet par l'acide acétique dans un autre étude	Entre 3.50 % et 7.65 %

Analyses sensorielle de la gélatine

Les résultats de test sensoriel (la couleur, le gout, l'arôme, l'aspect) de gélatine extraite des pattes de poulets sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 02 : Caractéristiques sensorielles de gélatine extraite à partir des pattes de poulet

Variables	Critères
Couleur	jaune claire
Aspect	Solide sous forme poudre(Cristaux)
Odeur	Sans Odeur

La gélatine extraite à partir des pattes de poulet a montré une couleur jaune claire, dépourvu de gout et d'odeur et sous forme d'une poudre formée des cristaux très fin.

Nous notons que les propriétés de la gélatine extraite des pattes de poulet sont complètement identiques à la gélatine vendue sur le marché.

Analyse sensorielle de biofilm

Les caractéristiques sensorielles de différents biofilms développés sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau.. : Caractéristiques sensorielles de différents biofilms poulet

Échantillons	5.1 (figure 2)	7.1 (figure 4)
Couleur	Transparente	Jaune transparente
Texteur	Elastique	Elastique
Odeur	Odeur de l'huile essentielle	Odeur de l'huile essentielle
La surface	Lisse	Lisse



Figure16 : 5(g) de G est 1% HE



Figure17 : 7(g) de G est 1% HE

Nous notons que le changement de concentration de gélatine n'a affecté que la couleur, car nous trouvons le rapport : Echantillon 05 g de gélatine de couleur transparente mais l'échantillon 07g de gélatine couleur Jaune transparente.

En ce qui concerne la présence ou l'absence d'huile essentielle d'encens, elle n'affecte que l'odeur. En sa présence, le film acquiert l'odeur spécifique de l'huile d'encens, et en l'absence de l'huile, le film n'a aucune odeur. La modification de la concentration de gélatine et la présence ou l'absence d'huile n'ont eu aucun effet sur la texture et la surface.

2. Propriétés physiques du film à base de gélatine

Les propriétés physiques des biofilms développés sont montrées dans le tableau suivant :

Tableau02 ; Propriétés physiques des biofilms développés

	5g de gélatine/1 g d'huile d'encens	7g de gélatine/1 g d'huile d'encens
EPAISSEUR μm et mm	11.16 \pm 0.06 μm 0.01116 mm	13.34 \pm 0.030 μm 0.01334 mm
Opacité g^{-1}	0.77 \pm 0.013	0.071 \pm 0.091
Perméabilité a la vapeur d'eau %	0.28 \pm 0.01	0.66 \pm 0.012
Solubilité %	54%	43%

2-1 L'épaisseur

L'épaisseur des films biodégradables développés a été déterminée en utilisant un micromètre. Selon les résultats, les films à base 7g de gélatine sont légèrement supérieurs à ceux de film de 5 g.

De nombreux auteurs ont observé une perméabilité apparente d'autant plus élevée que l'épaisseur est faible (Cuq et al., 1996; Quezada-gallo, 1999).

Ce phénomène est beaucoup plus marqué pour les enrobages hydrophiles. Il existe cependant une valeur critique de l'épaisseur au-delà de laquelle le flux de vapeur d'eau diminue linéairement lorsque l'épaisseur augmente.

(Benbettaieb et al. (2014) ont montré que la perméabilité à la vapeur d'eau d'un film mélange chitosan-gélatine (25%-75%) (w/w) augmente linéairement avec l'épaisseur. Morillon et al. (2002) et Bertuzzi et al. (2007) ont attribué l'augmentation de la perméabilité avec l'épaisseur à une plastification des films et un gonflement proportionnel ou non avec l'épaisseur. (McHugh et al. (1993) ont montré que la valeur de la WVP d'un film de caséinate de sodium a été doublée après une augmentation de l'épaisseur de 71 à 81 μm .

2-2 Opacité des films

Divers travaux de recherche ont été réalisés afin d'améliorer les propriétés mécaniques et barrières des films et d'enrobages comestibles mais très peu des études ont porté sur les propriétés optiques telles que la couleur, la brillance et la transparence. Les propriétés optiques sont des caractéristiques de surface, qui sont généralement détectés par la vision humaine touchant ainsi certains aspects cruciaux de la qualité organoleptique des aliments (Brindle et Krochta, 2008).

Les valeurs d'opacité des biofilms développés sont présentées dans le tableau (tableau 3)

La microstructure de film, interne et de surface, joue un rôle important dans les propriétés optiques du film. L'étude de l'opacité de films est très importante et conditionne parfois l'application alimentaire de films à base de mélange. En outre, elle peut être considérée aussi comme un moyen efficace pour indiquer l'aspect structural de mélange.

En effet un aspect translucide a été attribué à une phase moins visqueuse formant une matrice continue (Brindle et Krochta, 2008).

(Yoo et al. (2011) ont montré que les films à base de protéines de lactosérum sont les films les plus transparents comparativement aux films polysaccharidiques ou aux différents films à base

de polysaccharides-protéines. Les films obtenus à partir des deux formulations sont homogènes et transparents.

2-3 Solubilité des films dans l'eau

Les résultats de la solubilité des biofilms développés (5, 7) g de gélatine et 1g d'huile essentielle d'encens sont de 54 et 43 % respectivement .

La solubilité dans l'eau est une propriété importante des films comestibles parce que certaines applications alimentaires peuvent exiger une bonne insolubilité dans l'eau afin d'améliorer l'intégrité du produit et la résistance à l'eau (**Perez-Gago et Krochta, 1999**). En règle générale, une solubilité plus élevée indiquerait une résistance à l'eau plus faible (**Bourtoom et Chinnan, 2008**).

Toutefois, pour d'autres applications, comme le cas d'enrobage, il peut être bénéfique pour un film d'être soluble dans l'eau. Dans certains cas tels que l'encapsulation des produits alimentaires ou des additifs, il peut être bénéfique pour un film d'être soluble dans l'eau avant la consommation du produit ou par exemple pour contenir des portions pré-dosées devant être dissoutes dans l'eau ou dans la nourriture chaude (**Gontard et al., 1992**).

2-4 Perméabilité des films à la vapeur d'eau

La perméabilité à la vapeur d'eau permet de mesurer la facilité avec laquelle la vapeur d'eau pénètre un matériau. La mesure de la perméabilité à la vapeur d'eau (PVE) permet d'évaluer l'aptitude des matériaux aux transferts d'eau entre le produit et son environnement. Les valeurs de perméabilité de notre film de 5\1 (0.28 ± 0.01)% et 7\1 (0.66 ± 0.012)% sont très faible .

La fonction principale d'un emballage alimentaire est souvent d'éviter ou au moins de diminuer le transfert d'humidité entre l'aliment et l'atmosphère environnante, ou entre deux composants d'un produit alimentaire hétérogène, la perméabilité à la vapeur d'eau des films doit être aussi faible que possible (**Gontard et al., 1992**).

Afin d'éviter les transferts d'humidité pouvant affecter la qualité de l'aliment, le contrôle de la perméabilité à la vapeur d'eau (PVE) est primordial pour obtenir un maximum de sécurité et de stabilité du produit emballé, durant tout le processus de stockage et de distribution. La déshydratation en surface de certains aliments frais ou congelés est freinée en utilisant des

enrobages hydrophiles (gel aqueux) à base de polysaccharides qui se déshydratent avant le produit et forment une pellicule protectrice (Zuo et al. (2009)).

Notre biofilm a montré une résistance remarquable à la perméabilité d'eau ça revient peut être à la présence d'huile essentielle qui a bloqué la vapeur d'eau de passer et de la gélatine pure qui a un caractère compact stoppant de la vapeur d'eau et ça aussi peut être expliqué par la faible solubilité montrée (43 %).

3-Application de l'emballage

L'analyse sensorielle des cerises emballées est non emballée (témoin), après 06 jours de stockage à l'aire libre à une température ambiante (17-20) °C est présentée dans le tableau suivant où les changements constatés dans l'apparence, la texture, la brillance, la couleur sont considérés comme des critères d'évaluation.

Tableau critères sensoriels de l'échantillon Témoin négatif ou de cerise fraîches

spect visuelle : (fruit fraîche avant L'application de l'emballage) (figure....)	
- Couleur	Rouge clair et jaune
- Etat	Fraiche
- Aspect	lisse est brillant
- Texture	Peu dur
- Forme	Un fruit plus ou moins petit, peu régulier
Olfactive	
- Odeur	Simple
Gustative	
- Saveur	Simple
- Gout	peu sucré est un peu d'acidité



Figure 18: photo de cerise fraîche

Le résultats de test d'application de biofilm est présenté dans les figures (16.17.18.19.20)

L'échantillon (témoin) sans emballage a montré une détérioration visuelle au bout de trois jours avec une pourriture complète, une mauvaise odeur et un changement radicale de la couleur (rouge vers le marron foncé) mais l'échantillon emballé avec un film (5g de gélatine est 1% l'huile essentielle) a gardé un bon aspect structural et aucune détérioration visuelle n'a été remarquée mais il est devenue un peu sucré. En effet, l'échantillon (7 g de gélatine est 1% l'huile essentielle) (figure20) a gardé un bon aspect structural (pas comme celui de 5/1) avec une petite détérioration visuelle présentée par le changement de la couleur.

A partir de ce test, nous pouvons conclure que le biofilm développé à partir de 5 g de gélatine et 1% d'huile d'encens est plus efficace dans la conservation de cerises.

Echantillon 01 : 5(g) de gélatine est 1 % l'huile essentielle



Figure 19 : cerise 1^{er} jour d'application de biofilm



Figure 20 : cerise après 6eme jour d'application de biofilm



Figure 21 : Echantillon 7 (g) de gélatine est 01 % l'huile essentielle après 6 jours

CONCLUSION

L'emballage avec des matériaux d'origine biologique est défini comme un emballage ou un emballage contenant des matières premières d'origine animale ou agricole et il s'agit donc d'un emballage produit à partir de matériaux biodégradables tels que des pattes de poulet et l'une des raisons importantes de cet intérêt pour les films biodégradables et comestibles ont été étudiés comme alternative à l'emballage plastiques, les protéines extraites des pattes de poulet peuvent être utilisées comme précurseur de films comestibles.

Les propriétés physiques d'un bio film développé à partir de la gélatine extraite des pattes de volailles étaient testées en fonction du changement de concentration de la gélatine et de l'huile essentielle.

Les films ont été préparés selon deux ordres 5g de gélatine/1 g d'huile d'encens et 7g de gélatine/1 g d'huile d'encens. Dans un second temps, les produits obtenus ont été caractérisés par leurs propriétés physiques (Epaisseur, Opacité, Solubilité et Perméabilité à la vapeur d'eaux).

L'épaisseur des films biodégradables développés a été déterminée en utilisant un micromètre. Les valeurs d'Epaisseur montrent que les films a (5g de gélatine/1 g d'huile d'encens) est de l'ordre de 11.16 ± 0.06 (μm) et 13.34 ± 0.030 (μm) (7g de gélatine/1 g d'huile d'encens). Selon les résultats, les films à base 7g de gélatine sont légèrement supérieurs à ceux de film de 5 g.

La solubilité dans l'eau est une propriété importante des films comestibles parce que certaines applications alimentaires peuvent exiger une bonne insolubilité dans l'eau afin d'améliorer l'intégrité du produit et la résistance à l'eau. Les résultats de la solubilité des biofilms développés (5, 7) g de gélatine et 1g d'huile essentielle d'encens sont de 54 et 43 % respectivement.

L'étude de l'opacité de films est très importante et conditionne parfois l'application alimentaire de films à base de mélange. En outre, elle peut être considérée aussi comme un moyen efficace pour indiquer l'aspect structural de mélange. Les valeurs d'opacité étaient 0.77 ± 0.013 (mm^{-1}) et 0.071 ± 0.091 (mm^{-1}) de films de 5 g de gélatine et 7 g de gélatine respectivement.

La perméabilité à la vapeur d'eau permet de mesurer la facilité avec laquelle la vapeur d'eau pénètre un matériau. La mesure de la perméabilité à la vapeur d'eau (PVE) permet d'évaluer l'aptitude des matériaux aux transferts d'eau entre le produit et son environnement. Les valeurs de perméabilité de notre film de 5\1 (0.28 ± 0.01)% et 7\1 (0.66 ± 0.012)% sont très faible .

Après un test de conservation des fruits de cerises fraîches, les fruits emballés dans notre biofilm formé par 5 g de gélatine et 1 g d'huiles essentielles ont restés en bon état (aspect et goût) durant les six jours de conservation, nous pouvons conclure que le biofilm développé à partir de 5 (g) de gélatine et 1% d'huile d'encens est plus efficace dans la conservation de cerises.

Comme perspective, Les films biodégradables ont été largement étudiés pour leur potentiel de protection des aliments et agissent comme une barrière contre les transferts d'humidité de gaz, d'arôme et de solutés tout en offrant des avantages tels que des matériaux non toxiques et une production à faible coût. Dans notre future étude, nous essaierons d'améliorer le film à base de gélatine et d'améliorer ses propriétés physiques pour des résultats plus précis.

Lists des references

A.G. Ward; 'The Science and Technology of Gelatine', Academicpress, London PP. 99, 159-207 (1977).

Andrieux, 2003 : La filière française des co-produits de la pêche et de l'aquaculture : Etat des lieux et analyse. DESS Exploitation des Ressources Vivantes Côtières. Université de Caen, B

Akoh, C.C., 2017 Food Lipids: Chemistry, Nutrition and Biotechnology; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2017.

Abedinia, A.; Ariffin, F.; Huda, N.; Nafchi, A.M., 2018 Preparation and characterization of a novel biocomposite based on duckfeet gelatin as alternative to bovine gelatin. Int. J. Biol. Macromol. 2018, 109, 855–862.

Cerqueira, M. A. P. R., Pereira, R. N. C., da Silva Ramos, O. L., Teixeira, J. A. C., & Vicente, A. A. (2016). Edible Food Packaging: Materials and Processing Technologies. CRC Press.

Chuaynukul, K.; Prodpran, T.; Benjakul, S. Properties of Thermo-Compression Molded Bovine and Fish Gelatin Films as Influenced by Resin Preparation Condition. Int. Food Res. J. 2015, 22, 1095–1102.

Chow, C.K., 2007 Fatty Acids in Foods and Their Health Implications; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2007.

Dumenil-Lefebvre, A. (2006). Intégration des aspects sensoriels dans la conception des emballages en verre: mise au point d'un instrument méthodologique à partir des techniques d'évaluation sensorielle (Doctoral dissertation, Arts et Métiers ParisTech).

Etxabide, A.; Uranga, J.; Guerrero, P.; de la Caba, K., 2017 Development of active gelatin films by means of valorisation of food processing waste: A review. Food Hydrocoll. 2017, 68, 192–198.

El kolli H, « Étude de la réticulation par le glutaraldéhyde de deux gélatines de nature et de Blooms différents et son effet sur certaines propriétés », mémoire de magister, université, université Ferhat Abbas-Sétif, (2009).

Frédéric DEBEAUFORT, Kata GALIĆ, Mia KUREK, Nasreddine BENBETTAIEB et Mario ŠČETAR, 2022. Matériaux et procédés d'emballage pour les industries alimentaires, cosmétiques et pharmaceutiques.

Gontard, N., Guillard, V., Gaucel, S., & Guillaume, C. (2017). L'emballage alimentaire et l'innovation écologique dans toutes leurs dimensions. *Innovations agronomiques*, 58, 1-9.

Godavitarne, C., Robertson, A., Peters, J., & Rogers, B. (2017). Biodegradable materials.

Orthopaedics and trauma, 31(5), 316-320.

Gomez-Guillen MC, Turney J, Fernandez- Diaz MD, Ulmo N, Lizarbe MA, Montero P 2002. Structural and physical properties of gelatin extracted from different marine species: a comparative study. *Food Hydrocolloids*, 16: 25-34.

G M E Gelatine Manufacturers of Europe: <http://www.gelatine.org>.

Godard, P., Biebuyck, J.J., Daumerie, M., Naveau, H. & Mercier, J.P. (1978). Crystallization and melting of aqueous gelatin. *Journal of Polymer Science: Polymer Physics Edition*, 16 (10), 1817-1828

[Han, J.H. \(2000\). Antimicrobial Food packaging. *Food Technol.*, 54\(3\), 56–65](#)

Harding, J. J., 1965. The unusual links and cross-links of collagen. *Advances in Protein Chemistry*, 20, 109–190.

Hafidz, R.N.; Yaakob, C.M.; Amin, I.; Noorfaizan, A., 2011 Chemical and Functional Properties of Bovine and Porcine Skin Gelatin. *Int. Food Res. J.* 2011, 18, 813–817.

Jones, B.E., 1987. In hard capsules-development and technology; Ridgway, K., Ed; The Pharmaceutical: London, U.K., pp 39-48.

Karim, A.A.; Bhat, R. Fish gelatin: Properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins. *Food Hydrocoll.* 2009, 23, 563–576.

Liu, D. C., Lin, Y. K., & Chen, M. T., 2001. Optimum condition of extracting collagen from chicken feet and its characteristics. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 14, 1638–1644

Laubenheimer, F. (1998). Les amphores de la Gaule romaine, état de la question. *Revue archéologique*, (Fasc. 1), 164-17

Le Hir ; 'Pharmacie Galénique- Bonnes Pratiques de Fabrication des Médicaments', 8ème éd.. éd. Masson°8, PP.631-636 (1997)

Mato, Y., Isobe, T., Takada, H., Kanehiro, H., Ohtake, C., & Kaminuma, T. (2001). Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment. *Environmental science & technology*, 35(2), 318-324.

Miltz J, & MR., P., 2000, June 14-18. Active packaging technologies : oxygenscavenging Paper presented at the Intl. Assoc. of Packaging ResInst. Annual Symposium., San Jose State Univ., San Jose, Calif.

Mohamed, S.A.; El-Sakhawy, M.; El-Sakhawy, M.A.-M., 2020 Polysaccharides, protein and lipid-based natural edible films in food packaging: A review. *Carbohydr. Polym.* 2020, 238, 116178.

Musso, Y.S.; Salgado, P.R.; Mauri, A.N. Smart edible films based on gelatin and curcumin. *Food Hydrocoll.* 2017, 66, 8–15.

Nik Aisyah, N.M.; Nurul, H.; Azhar, M.E.; Fazilah, A. Poultry as an Alternative Source of Gelatin. *Health Environ. J.* 2014, 5, 37–49.

Pawar, P. R., Shirgaonkar, S. S. et Patil, R. B. (2016). Débris marins plastiques : sources, répartition et impacts sur la biodiversité côtière et océanique. *PENCIL Publication of Biological Sciences*, 3(1), 40-54.

(Pirsa, S., & Aghbolagh Sharifi, K. 2020). A review of the applications of proteins in the preparation of biodegradable films and polymers. *Journal of Chemistry Letters*, 1(2), 47-58.)

Poppe J.C, « Gelatin. In: Thickening and Gelling Agents for Food », (Imeson, A.), Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland, ch. 7 pp: 144-168, (1999)

Pereda, M., Ponce, A.G., Marcovich, N.E., Ruseckaite, R.A., and Martucci, J.F. (2011). “Chitosan-gelatine composites and bi-layer films with potential antimicrobial activity”, *Food Hydrocolloids* Vol. 25 No. 2011, 1372–1381.

Rooney, M. L., 1992. Reactive packaging materials for food preservation Paper presented at the First Japan–Australia workshop on Food Processing Tsukuba, Japan.

Rosli, N.; Sarbon, N.M., 2015 Physicochemical and Structural Properties of Asian Swamp Eel (*Monopterus Albus*) Skin Gelatin as Compared to Bovine Gelatin. *Int. Food Res. J.* 2015, 22, 699–706.

Ratnasari, I.; Firlianty., 2016 Physico-Chemical Characterization and Skin Gelatin Rheology of Four Freshwater Fish as Alternative Gelatin Source. *AAFL Bioflux* 2016, 9, 1196–1207.

Rhim, J.W. (2004a). Increase in water vapor barrier properties of biopolymer-based edible films and coatings by compositing with lipid materials. *Food Sci. Biotechnol.*, 13, 528–535.

Rhim, J.W. (2004b). Physical and mechanical properties of water resistant sodium alginate films. *Lebensm. Wiss. Technol.*, 37, 323–330.

Rhim, J.W. et Perry, K.W. (2007). Natural Biopolymer-Based Nanocomposite Films for Packaging Applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(4), 411 — 433.

Springmann, M., Clark, M., Mason-D’Croz, D., Wiebe, K., Bodirsky, B. L., Lassaletta, L., ... et Willett, W. (2018). Options pour maintenir le système alimentaire dans les limites environnementales. *Nature*, 562(7728), 519-525.

Silva-Weiss, A., 2012. Development of edible coatings and films based on hydrocolloid blends with polyphenol-rich extract : rheology and functionality (Doctoral

dissertation). Said, N.S.; Sarbon, N.M., 2019 Chapter 4—Protein-Based Active Film as Antimicrobial Food Packaging: A Review. In *Active Antimicrobial Food Packaging*; Var, I., Uzunlu, S., Eds.; In tech Open: London, UK, 2019; pp. 1–18, ISBN 978-1-78985-004-8.

Schrieber, R., & Gareis, H. (2007). *Gelatin Handbook: Theory and Industrial Practice*. Wiley-VCH.

Segtnan, V.H., Kvaal, K., Rukke, E.O., Schuller, R.B., & Isaksson, T. (2003). Rapid
Soares, N. d. F., S. Pires, A. C., Camilloto, G. P., Santiago-Silva, P., P. Espitia, P. J., & A. Silva, W., 2009. Recent patents on active packaging for food application. *Recent patents on food, nutrition & agriculture*, 1(2), 171.

Suderman, N.; Isa, M.I.N.; Sarbon, N.M. Characterization on the mechanical and physical properties of chicken skin gelatin films in comparison to mammalian gelatin films. *IOP Conf. Series Mater. Sci. Eng.* 2018, 440, 012033.

Said, N.S.; Sarbon, N.M., 2019 Chapter 4—Protein-Based Active Film as Antimicrobial Food Packaging: A Review. In *Active Antimicrobial Food Packaging*; Var, I., Uzunlu, S., Eds.; In tech Open: London, UK, 2019; pp. 1–18, ISBN 978-1-78985-004-8.

Soares, N. d. F., S. Pires, A. C., Camilloto, G. P., Santiago-Silva, P., P. Espitia, P. J., & A. Silva, W., 2009. Recent patents on active packaging for food application. *Recent patents on food, nutrition & agriculture*, 1(2), 171.

Suparno, O., & Prasetyo, N. B., 2019. Isolation of collagen from chicken feet with hydro-extraction method and its physico-chemical characterisation. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 335, No. 1, p. 012018). IOP Publishing

Veis, A. (1964). *The macromolecular chemistry of gelatin*. Academic Press: London.

Voet D ; Judith G. Voet ; 2005. *Biochimie*. 2^e ed de bock université paris : 368-369

Wittaya, T., 2012. Protein-Based Edible Films : Characteristics and Improvement of Properties, p. 43-70. In A. A. Eissa (Ed.). *Structure and Function of Food Engineering*, Thailand: INTECH Open Access Publisher.

Ward, A.G., & Courts, A. (1977). *The science and technology of gelatin*. London: Academic Press.

Wan, J., Liu, C., Liu, W., Tu, Z., Wu, W., and Tan, H. (2015). “Optimization of instant edible films based on dietary fiber processed with dynamic high pressure microfluidization for barrier properties and water solubility”, *LWT – Food Science and Technology*, Vol. 60 No.1, 603-608.