



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/2020

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Agroalimentaire et Contrôle de Qualité.

Présenté par :

Hani Rima & Hamidi Manel

Thème

**Etat de l'art sur les emballages alimentaires innovants
(comestible et actif)**

Soutenu le: 15 /08/2021

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
<i>Mme Mazri</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Président</i>
<i>Mme Moudache M</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Promotrice</i>
<i>Mme Taoudiat</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examinatrice</i>

Année Universitaire : 2020/2021

Remerciements

Nous souhaitons remercier dans un premier lieu DIEU Le Tout Puissant, Le Miséricordieux qui nous a donné la force et le courage pour accomplir ce travail.

Notre profonde gratitude et notre respect vont à directrice de recherche : Madame Moudache Messaad ;qu'il nous soit permis de vous remercier pour votre aide , vos encouragements et pour vos précieux conseils, merci beaucoup.

Nous remercions également à tous les enseignants du département SC Nature et de vie, qui ont veillé à nous former

Nos remerciements vont aussi aux membres du jury Mme Mazri et Mme Taoudiat qui ont accepté de lire et d'évaluer notre travail.

Avec nos sentiments chargés de gratitude, nous exprimons nos remerciements à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin, à tous ceux qui nous ont consacré une partie de leur temps.

Merci à tous ceux qui ont participé à l'élaboration de ce travail.

Dédicace

À ma chère mère, mon cher père, pour tout le mal qu'ils
se sont données afin de faciliter ma tâche

À mes tantes et mes oncles

À celle qui a été à mes côtés durant la réalisation de ce
travail ma tante soumia

À tous mes amies : Chaima, Houda,

A ma soeur Soumia et mes frères Fateh , Islam

RIMA

Dédicace

A ma très chère mère Affable,

Honorable, aimable : tu présentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

Je te dédie ce travail en témoignages de mon profond amour. Puisse dieu, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

A mon père

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

**A ma sœur, et mes frères. Imane, Abd Elouafi, Abd Elhak , Abd Elrezak,
Mounir**

A tous mes amis

Liste d'abréviation

BHA: Butylatedhydroxyanisole

BHT: Butylatedhydroxytoluene

LDEP: LowDensitypolyéthylène

MSW: The master of social work

PE : Polyéthylène

PG : Propyl gallate

PLA : Acide polylactique

PP : Polypropylène

PSE : Polystyrène expansé

TBHQ : Tert-butylhydroquinone

Liste des tableaux

Tableau 01: Procédés de conservation des aliments	05
Tableau 02 : Les avantages et les inconvénients d'emballage alimentaire.....	08
Tableau 03 Principales fonctions de l'emballage.....	09
Tableau 04: Emballages alimentaires antimicrobiens contenant des composés organiques, des bactériocines et des enzymes.....	32
Tableau 05 : Représente les objectifs des catégories et quelques exemples d'application.....	34

Listes des figures

Figure 01 : Représente l'altération microbienne.....	02
Figure 2 : Classification d'emballage alimentaire.....	07
Figure 3 : Exemples d'emballages en fer blanc.....	07
Figure 4 : Exemples d'emballages en Aluminium	07
Figure 5 : Le procédé par balayage gazeux dénommé BDF.....	13
Figure 6 : Exemples de barquettes conditionnées avec le procédé BDF.....	13
Figure 7 :Operculeuse permettant un conditionnement sous atmosphère modifiée.....	14
Figure 8 : Viandes et abats conditionnés selon le procédé Bloom.....	14
Figure 09 : Procédé de conditionnement sous vide « classique ».....	15
Figure 10 : Fonctions sélectives des films et enrobages comestibles.....	17
Figure11 : Illustration simplifiée des réseaux protéiques à base de collagène sans surfactant(A), avec des huiles essentielles en présence de surfactants non-appropriés(B) et appropriés.....	19
Figure12 : Quelques exemples d'emballages comestibles utilisés en industrie.....	24
Figure 13 : Système d'emballage alimentaire et comportement relatif des substances actives.....	31
Figure 14 : Schéma représente les différents types d'emballage actifs.....	33
Figure 15 : Film utilisés : PE /PE.....	35
Figure 16 : Echantillon de viande emballé avec du film actif.....	36
Figure : 17 a)Enrobage de fraise, b) Fraises après enrobage, c) fraise stockées dans des boites en pp (polypropylène).....	37

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Liste de l'abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction.....01

Chapitre I : Généralités sur les conservations des aliments

I.1. La détérioration des aliments	02
I.1.1. Les type d'altérations.....	02
I.1.2. Les agents correspondants au danger alimentaire.....	02
I.1.3. Facteurs d'altération des aliments.....	03
I.1.4.Principales flores et germes de contaminations des aliments.....	03
I.1.4.1. Flore d'altération	03
I.1.4.2. Flore pathogène	04
I.1.4.3. Flore particulière	04
I.2. La conservation.....	04
I.2.1. Méthodes de conservations des aliments	04
I.2.2.La durée de conservation des aliments emballés.....	06
I.2.3.Les facteurs contrôlant la durée de conservation.....	06
I.3. Les emballages alimentaires.....	06
I.3.1. Les Avantages et inconvénients des principaux matériaux d'emballage.....	08
I.3.2. Les facteurs affectant la sélection d'un matériau d'emballage	09
I.3.2.1.La lumière	09

I.3.2.2. La température.....	09
I.3.2.3. L'humidité.....	10
I.3.2.4. Les microorganismes	10
I.3.3. Les interactions entre l'emballage et l'aliment.....	10
I.3.3.1. Les type d'interactions.....	10
I.3.4. Les déchets d'emballage.....	11
I.4. Les emballages modernes.....	12
I.4.1. Les principaux procédés de conditionnement.....	12
I.4.1.1. Le conditionnement sous atmosphère modifiée (MAP).....	12
I.4.1.2. Le conditionnement sous film.....	14
I.4.1.3. Le conditionnement sous vide.....	15

Chapitre II : Emballage alimentaire moderne

II.1. Emballage comestible	17
II.1.1. Qualités requises et fonctions des films et enrobages comestibles	17
II.1.2. Composition des films et enrobages comestibles.....	18
II.1.3. Structure des films et enrobages comestibles.....	18
II.1.3.1. Films et enrobages à structure homogène	18
II.1.3.2. Films et enrobages comestibles à structure hétérogène (films composites).....	23
II.1.4. Propriétés physico-chimiques des films comestibles.....	24
II.1.4.1. Propriétés mécaniques	24
II.1.4.2. Propriétés barrières aux gaz	25
II.1.4. Intérêts et limites à leur utilisation dans le domaine alimentaire.....	26

II.1.5. Les films comestibles antimicrobiens	27
II.1.5.1. Les agents antimicrobiens pour fonctionnaliser des films comestibles.....	27
II.2. Emballage actif	28
II.2.1. L'emballages actifs antioxydants.....	29
II.2.2. Emballage actifs antimicrobiens.....	30
II.2.2-1- Les systèmes d'emballage antimicrobien.....	31
II.2.2.2. Exemples de concepts d'emballages antimicrobiens.....	32
II.2.3. Limitation des emballages alimentaires	33
II.2.4. Les grandes catégories d'emballages actifs/intelligents.....	33
II.2.5. Les objectifs des catégories et quelques exemples d'application.....	34
Chapitre III : Exemples de conservation de quelques aliments par l'emballage actif et comestible.	
III.1. Quelques exemples d'application d'un emballage actif et comestible dans la conservation des aliments.....	35
III.1.1. Exemple de préparation d'un emballage actif.....	35
III.1.1.1. Application à l'emballage de la viande.....	35
III.1.1.2. Résultat.....	36
III.1.2. Exemple d'emballage comestible.....	36
III.1.2.1. Préparation des solutions d'emballage.....	37
III.1.2.2. Emballage du fruit.....	37
III.1.2.3. Evaluation de la qualité des fraises.....	38
Conclusion.....	39

Références bibliographiques

Résumé

Introduction

La conservation d'une denrée alimentaire consiste à maintenir le plus longtemps possible ses qualités hygiéniques, nutritionnelles et organoleptiques en agissant sur les divers mécanismes d'altération pour en ralentir ou en supprimer les effets [1]. Par exemple, une limitation du flux d'oxygène arrivant au contact de l'aliment (e.x. lipides, vitamines, etc.) permet de limiter l'oxydation. De même, une limitation de l'apport d'humidité par l'air ambiant permet de garder à un aliment sec (e.x. gâteaux sec, biscottes, etc.) toutes ses qualités de texture et une limitation de la perte en eau d'un aliment humide (e.x. légumes et fruits, fromage, etc.) évitera son dessèchement et donc une perte en quantité et en qualité. Pour prolonger la durée de conservation des aliments, des protections sont donc nécessaires. Des procédés de conservation physiques et/ou chimiques (salage, séchage, appertisation, ionisation, adjonction d'agents antimicrobiens, antioxydants) sont donc appliqués par la suite. L'emballage préserve au mieux l'aliment des agressions microbiennes, physiques et chimiques intervenant de l'environnement. Il exerce soit une protection passive, lorsqu'il est indépendant de la technologie de préparation et de conservation de l'aliment. Ce sont les emballages traditionnels et inertes vis-à-vis de l'aliment. Ils sont essentiellement des barrières physiques contre les chocs mécaniques, les transferts de matière (liquides, gaz, petites molécules), d'énergie (lumière, chaleur), et des microorganismes présents dans l'atmosphère. Soit de protection simultanée passive et active, lorsqu'il fait une partie intégrante du procédé de préparation et de conservation de l'aliment ou lorsqu'il est conçu pour être lui-même l'agent essentiel de la conservation du produit. Ce sont les emballages « actifs » et/ou les emballages comestibles qui réagissent aux modifications du milieu extérieur et interagissent avec l'aliment [2, 1,3]

En effet le but de notre projet est d'étudier et bien expliquer les différentes significations d'emballage alimentaire actif et comestible.

Ce travail a été organisé en trois parties. La première partie est une vue générale sur la détérioration, les types d'interactions et les types d'emballage alimentaires.

La deuxième partie quant à elle explique les deux types d'emballage innovants (l'emballage alimentaire comestibles et actif) et leur effet et utilisations.

Le dernier chapitre est consacré aux exemples de la conservation des produits alimentaire par l'utilisation de ces deux types d'emballage (actif et comestible).

Chapitre I

I.1. La détérioration des aliments

Les produits alimentaires ne se conservent pas éternellement. Ils se dégradent naturellement avec le temps : Le lait s'acidifie, les graisses rancissent, les légumes flétrissent et pâlissent ou des microorganismes se développent dessus, cela rends l'aliment impropre à la consommation. Les produits frais, par définition, ne causes pas des maladies, ils peuvent cependant être contaminés s'ils ne sont pas traités ou conservés correctement. Une bonne connaissance des risques de contamination et le respect de bonnes conditions de préparation et de conservation permettent d'empêcher le développement de microorganismes indésirables [5].

I.1.1. Les type d'altérations

Il existe différents types d'altération selon l'agent intervenant :

- **Les altérations physiques et/ou mécaniques** (blessures, dessèchement, décoloration),
- **Les altérations chimiques** (oxydation, toxines, rancissement)
- **Les altérations biochimiques** (brunissement, lyses)
- **Les altérations microbiologiques** (fermentation, putréfaction, pathogène) [5].



Figure 01:Représente l'altération microbienne (champignons) [6].

I.1.2. Les agents correspondants au danger alimentaire

a) Agents biologiques

Les agents biologiques peuvent être : des bactéries, des levures, des moisissures, des virus, des prions, des parasites ou des substances chimiques d'origine biologique (toxines microbiennes, mycotoxines, phycotoxines, amines biogènes, etc.). La majorité des microorganismes ne sont pas inoffensifs et parmi eux certains sont nécessaires à l'élaboration

des denrées alimentaires (yaourts, saucissons secs, fromages...) alors que d'autres, s'ils se multiplient dans l'aliment, peuvent lui donner un goût, une odeur ou un aspect inacceptable pour le consommateur sans pour autant constituer un danger.

b) Agents chimiques

Il s'agit de tous les éléments chimiques pouvant être présents dans les aliments comme par exemple des allergènes (lactose, histamine), des résidus de médicaments, des dioxines, des excès d'additifs, des métaux lourds, des pesticides ou encore des composés issus des installations (lubrifiants, fluides réfrigérants) et de leur maintenance (résidus de nettoyage et désinfection par exemple).

c) Agents physiques

Les agents physiques sont par exemple des corps étrangers tels que des corps métalliques issus des machines (clous, limaille, vis, etc.), des débris de verre, des bijoux, des cheveux, etc.

I.1.3. Facteurs d'altération des aliments

On peut classer les facteurs d'altération des aliments selon caractère intrinsèque ou extrinsèque.

Les premiers sont relatifs à l'aliment et les seconds proviennent de l'environnement.

- **Facteurs intrinsèque** pH, humidité, activité ou disponibilité de l'eau, potentiel d'oxydoréduction, structure physique de l'aliment et présence d'agents antimicrobiens naturels.
- **Facteurs extrinsèque** température, humidité relative, gaz présents (CO₂, O₂) types et quantités de microorganismes ajoutés [7].

I.1.4. Principales flores et germes de contaminations des aliments

I.1.4.1. Flore d'altération

Les germes d'altération sont responsables de modifications d'aspect, de texture, de consistance ou de flaveur de la denrée alimentaire ainsi que d'une diminution de la durée de conservation. Parmi ces germes : Les Levures utiles, les levures pathogènes [8], moisissures, *Pseudomonas* [9].

I.1.4.2. Flore pathogène

Les *salmonelles*, les *Staphylocoques aureus* [10], *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum*, *Bacillus Cereus*, *Listeria monocytogenes* (11), *Escherichia coli*, *Campylobactériose* [12].

I.1.4.3. Flore particulière

Les bactéries putréfiantes : Les bactéries protéolytiques, Les bactéries lipolytiques, Les bactéries cellulolytiques et glucidolytiques, les *Enterobacteriaceae* [7].

I.2. La conservation

La conservation consiste à maintenir le plus longtemps possible, le plus haut degré de « qualité » de la denrée, en agissant sur les divers mécanismes d'altération pour en ralentir ou en supprimer les effets [13]. Elle implique habituellement de retarder l'oxydation des graisses qui provoque le rancissement ou auto-oxydation et l'autolyse par les propres enzymes des cellules de l'aliment, d'empêcher le développement des bactéries, champignons et autres micro-organismes, et de lutter contre les ravageurs animaux, notamment les insectes et les rongeurs. La conservation des denrées alimentaires concerne donc tous les facteurs biotiques (micro-organismes, animaux, germination végétale...etc.) et abiotiques (lumière, oxygène, chaleur, irradiation, UV...et) qui peuvent détériorer la qualité de la denrée stockée [14].

I.2.1. Méthodes de conservations des aliments

Selon les denrées et les moyens disponibles, différentes techniques peuvent être utilisées pour conserver les aliments. Les méthodes courantes de conservation de la nourriture comprennent le séchage ou dessiccation, la congélation, la mise sous vide, la pasteurisation l'appertisation, l'irradiation, et l'ajout de conservateurs. Les additifs de conservation, ou conservateurs chimiques ont comme objectifs d'assurer l'innocuité de l'aliment par inhibition de la multiplication des microorganismes pathogènes et de la production de toxines d'une part et de garantir la stabilité organoleptique de l'aliment par inhibition des microorganismes d'altération d'autre part. Les conservateurs chimiques n'ont pas la capacité de rendre sain un produit qui ne l'était pas avant son traitement, ni d'améliorer la qualité d'un mauvais produit ils peuvent seulement conserver au produit ses caractéristiques initiales plus longtemps qu'à l'ordinaire. On peut citer : peroxyde d'hydrogène, Acides gras saturés et sels de sodium potassium ou calcium... [8]. D'autres méthodes de conservation aident non seulement à

maintenir l'aliment mais aussi lui ajoutent du goût, comme la salaison, la confiture et le fumage.

Tableau 01: Procédés de conservation des aliments [11, 15].

Appellation du procédé	Action	Aliments traités
Dessiccation ou déshydratation	Séchage des produits au soleil, ou au courant d'air. Le produit perd la majeure partie de son eau de constitution. Réduction du développement des microorganismes.	Viandes, Poissons, Légumes
Lyophilisation	Procédé industriel qui permet la sublimation de l'eau contenu dans un aliment (de l'état de glace à l'état de vapeur sans le rendre liquide)	Produits laitiers, Poissons, Légumes, champignons, haricots verts, oignons, échalotes, pomme de terre
Salage	Le sel joue le rôle d'antiseptique sur les aliments soumis à son action	Viandes, Poissons, Légumes
Sucrage (Sirop ou sec)	Le sucre joue un rôle d'antiseptique sur les aliments soumis à son action	Fruits, confits, confiture
En milieu acide (vinaigre, alcool, vin blanc, marinade)	Le vinaigre joue le rôle d'antiseptique sur les aliments soumis à son action. Les viandes marinées (courte durée) sont obligatoirement stockées au froid.	Fruits, légumes, poissons, viandes
Pasteurisation	Procédé de conservation à Chaud, mis au point par Louis Pasteur. Pasteurisation haute : +72°C à + 75°C (5 mn) Flash pasteurisation : 95°C (quelques secondes)	Produits laitiers
Appertisation (stérilisation)	Procédé de conservation à chaud, mis au point par Nicolas Appert. L'aliment est mis à stériliser à + 100°C, dans un récipient hermétique (barème de stérilisation)	Fruits, légumes,...
Réfrigération	Procédé de conservation par le froid positif, de 0°C à 8°C, mis au point par Charles Tellier.	Viandes, charcuterie, poissons, fruits, légumes, produits laitiers,
Congélation et surgélation	Procédé de conservation par le froid négatif de - 18°C à - 40°C	Viandes, charcuterie, poissons, fruits, légumes, produits laitiers, ...
Ionisation (irradiation des aliments)	Procédé industriel de conservation par irradiation des produits (cobalt 60 ou au Césium 137) qui évite toute germination ou surmaturation de certains végétaux	Viandes, poissons, légumes, épices

Mise sous - vide (partiel atmosphère contrôlée) ou	La mise en poche sous vide, d'un aliment permet d'allonger sa conservation de quelques jours, voire de 2 à 3 mois. Les aliments carnés «emballés » sous vide, sont obligatoirement stockés en chambre froide 3°C (à l'état frais)	Viandes, charcuterie, poissons, coquillages, crustacés, fruits, légumes, produits laitiers, ...
---	---	---

I.2.2. La durée de conservation des aliments emballés

La durée de conservation est le temps pendant lequel toutes les caractéristiques primaires de l'aliment restent acceptables pour la consommation. Ainsi, la durée de conservation se réfère au temps pendant lequel un aliment peut rester sur le rayon du commerçant puis sur celui du consommateur avant qu'il ne devienne inacceptable [16].

I.2.3. Les facteurs contrôlant la durée de conservation

La durée de conservation d'un aliment est contrôlée par trois facteurs :

- ✓ Les caractéristiques du produit, y compris les paramètres de formulation et de traitement (facteurs intrinsèques)
- ✓ Environnement auquel le produit est exposé pendant la distribution et le stockage (facteurs extrinsèques) : la température, l'humidité, la lumière, les contraintes mécanique
- ✓ Le type et les propriétés de l'emballage utilisé [17].

I.3. Les emballages alimentaires

Les emballages alimentaires se présentent donc sous différents types :

- **Emballage primaire** : celui qui contient directement le produit : sachet, pot, flacon, bouteille en plastique, bouteille et bocaux en verre, bouteille métallique, emballage végétal...
- **Emballage secondaire** : Qui n'est pas en contact direct avec l'aliment mais enveloppe un premier emballage. Il a une fonction de protection, groupage, et de vente.
- **Emballage tertiaire** : Il permet le stockage, le transport et la distribution du produit par lot, c'est le cas des casiers à bouteille, des caisses à carton épais... [18].



Figure 02 : Classification d'emballage alimentaire [19].

Ces emballages sont fabriqués généralement à partir des matières plastiques, des papiers, des cartons, de verres ou des métaux (Les matériaux métalliques : Aluminium, Matériaux à base d'acier : Fer blanc, Fer chromé) [20,21].



Figure 03 : Exemples d'emballages en fer blanc [21].



Figure 04 : Exemples d'emballages en Aluminium [21].

I.3.1. Les Avantages et inconvénients des principaux matériaux d'emballage

Le choix d'emballage alimentaire reste extrêmement important dans toute activité alimentaire. Le tableau suivant résume les avantages et les inconvénients des emballages selon les matériaux entrant dans la fabrication.

Tableau 02 : les avantages et les inconvénients d'emballage alimentaire [20 ,21].

Matériaux	Avantages	Inconvénients
Verre	Résistant, facile à laver et à stériliser, réutilisable, laisse passer les microondes et permet le réchauffage de l'aliment. chimiquement inerte, Transparent. Recyclable.	Fragile, Faible conductibilité thermique, chers et plus lourds à transport.
Papier/carton	Plus flexibles et plus légers, bon marché, recyclables jusqu'à sept fois grâce à la présence de fibres de cellulose.	sensibles à l'humidité, changent de propriétés physiques en fonction de l'environnement externe, Opaques.
Métal	Très bonne résistance mécanique et à la chaleur cyclables.	Chers et plus lourds à transporter, incompatibilité avec le réchauffement par microondes.
plastiques	Large gamme de formes et propriétés possibles, Résistant, flexibles et légers, Soudure facile, imprimable, Faible coût.	La plupart sont non recyclable. -Inertie limitée : Migration possible d'éléments nocifs. -Résistance à la chaleur limitée, Polluant.

Ces emballages jouent des fonctions techniques et marketing et doivent tenir compte également des impacts environnementaux et de la sécurité du consommateur (Tableau 3) [21,22].

Tableau 03 Principales fonctions de l'emballage.

Fonctions technique	Fonctions marketing
<ul style="list-style-type: none"> - Contenir. - Être apte à la mécanisation. - Permettre la protection efficace et durable du produit contenu vis-à-vis du milieu extérieur. - Faciliter la manutention et le stockage du produit contenu. - Informer. 	<ul style="list-style-type: none"> - Faciliter le repérage du produit. - Attribuer le produit à son univers de référence afin que le consommateur puisse l'identifier. - Séduire les consommateurs. - Apporter un service (simplifier la vie du consommateur : par exemple l'usage d'une ouverture facile, la possibilité d'une refermeture) - Informer.

I.3.2. Les facteurs affectant la sélection d'un matériau d'emballage

I.3.2.1. La lumière

La transmission de la lumière est requise dans les emballages destinés à afficher le contenu du produit emballé, mais elle est restreinte lorsque les aliments sont sensibles à la lumière (rancissement causé par l'oxydation des lipides ainsi perte de valeur nutritive due à la destruction de la riboflavine ou par la perte de pigments naturels) [22,23].

I.3.2.2. La température

Le contrôle de la température de stockage pour protéger les aliments contre la chaleur est essentiel pour garder la qualité de l'élément emballé. Dans les applications où l'emballage est chauffé (par exemple, la stérilisation dans un récipient ou plats cuisinés à la microonde), le matériau d'emballage doit pouvoir supporter les conditions de traitement sans dommage et sans interaction avec les aliments. L'emballage pour les aliments congelés doit rester flexible et ne pas se fissurer à des températures de stockage [22-25].

I.3.2.3. L'humidité

La perte d'humidité ou l'absorption est l'un des facteurs les plus importants qui contrôlent la durée de conservation des aliments. Il y a un microclimat dans un emballage, qui est déterminé par la pression de vapeur de l'humidité dans l'aliment à la température de stockage et la perméabilité du matériau d'emballage. Le contrôle de l'échange d'humidité est nécessaire pour empêcher la détérioration microbologique ou enzymatique, la perte

d'humidité et l'assèchement des aliments (par exemple viandes fraîches ou cuites, fromages) [22-25].

I.3.2.4. Les microorganismes

Les paquets qui sont pliés, agrafés ou emballés par torsion ne sont pas vraiment scellés et peuvent être contaminés par des microorganismes. Les principales causes de contamination microbienne des aliments sont : l'air, l'eau, le soudage inadéquat, les déchirures ou les plis du matériau d'emballage. Dans d'autres procédés, les basses températures de stockage, les faibles teneurs en humidité ou l'utilisation de conservateurs limitent la croissance microbienne et le rôle de l'emballage est moins critique [22-25].

I.3.3. Les interactions entre l'emballage et l'aliment

Toute interaction entre un matériau d'emballage et l'aliment qu'il contient est indésirable pour deux raisons : l'interaction peut avoir des effets toxicologiques sur le consommateur et ou réduire la durée de conservation ou la qualité sensorielle de l'aliment [25,26].

I.3.3.1. Les type d'interactions

a) La migration

La migration est le transfert des produits constituant l'emballage vers le produit conditionné. [27]. Il existe deux notions de migrations :

- **La migration globale** qui n'évalue que la masse globale de migrants perdus par l'emballage, sans distinguer la nature et la spécificité de ces migrants.
- **Les migrants spécifiques** qui, au contraire, s'efforcent de qualifier et d'identifier chacun de ces éléments [28].

b) La perméabilité

La demande croissante en matériaux barrières a engendré le besoin de mieux connaître leur comportement face à l'oxygène, à la vapeur d'eau, aux vapeurs organiques et aux composés aromatiques. Ce dernier point ne peut pas être négligé si l'on veut obtenir un matériau qui soit suffisamment imperméable pour protéger le produit fini des odeurs extérieures, préserver ses propriétés organoleptiques et lui assurer une bonne durée de vie [29].

La perméabilité consiste à mesurer au cours du temps la quantité d'une espèce qui traverse de part en part un film de polymère soumis à une différence d'activité de l'espèce considérée [29].

c) La Sorption

Le terme de sorption, par opposition à celui de désorption, est généralement utilisé pour décrire tout processus intégrant la pénétration puis la dispersion du diffusant dans la matrice [30].

I.3.4. Les déchets d'emballage

Les emballages en plastique non biodégradables destinés à l'alimentation constituent une préoccupation environnementale mondiale grave. Le rejet des emballages après la consommation des produits a soulevé l'inquiétude du public face au dilemme mondial des déchets solides dans lequel les plastiques constituent une part considérable du problème, en raison de leur popularité dans les applications d'emballage. En Europe, les conteneurs et les déchets d'emballage ont contribué à 56,3 millions de tonnes (25% des MSW) en 2005, 74,8 millions de tonnes (31,6% des MSW) aux 'Etats-Unis en 2003 et 3,3 millions de tonnes (10% des total MSW) à l'Australie en 2004 [31,32].

Les méthodes de récupération telles que le recyclage ou le compostage sont des moyens écologiques d'éliminer les déchets. Tous les emballages plastiques peuvent être récupérés grâce au recyclage. Cependant, si les matériaux d'emballage sont salis avec des aliments ou d'autres substances biologiques, même le recyclage peut devenir impossible et nécessite un tri et un nettoyage excessifs [33].

De plus, 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 [34].

Les stratégies de réutilisation et de recyclage des matériaux sont importantes, mais aussi la biodégradabilité et la compostabilité des matériaux d'emballage alimentaire sont devenues des solutions « vertes » et des caractéristiques de plus en plus essentielles [34].

I.4. Les emballages modernes

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

D'autre part les emballages classiques protègent les aliments de façon passive et n'indiquent pas la date de conservation maximale. Ils isolent le plus possible l'aliment du monde extérieur, sans autre intervention. Toutefois, l'industrie recherche constamment de nouvelles techniques d'emballage capables d'agir activement sur l'air enveloppant les aliments.

Certaines techniques permettent de ralentir considérablement le processus de dégradation tout en améliorant le contrôle de la fraîcheur, les emballages deviennent ainsi de plus en plus sophistiqués. On peut citer aussi les emballages actifs et intelligents...etc.

I.4.1. Les principaux procédés de conditionnement

I.4.1.1. Le conditionnement sous atmosphère modifiée (MAP)

Le conditionnement sous atmosphère modifiée (MAP) est une technique de préservation des aliments frais ou transformés. L'air qui entoure la nourriture dans le paquet est remplacé par un gaz d'une autre composition. Le mélange gazeux dépend du produit et de sa durée de vie microbiologique. Exemples la viande de porc est principalement conditionnée sous un mélange de 30% de CO₂ ayant un effet bactériostatique et de 70% d'O₂ afin de préserver la couleur rouge vif de la viande (oxymyoglobine) qui est recherchée par le consommateur [35].

La durée de vie microbiologique des viandes conditionnées sous atmosphère varie de 10 à 14 jours respectivement pour les procédés de balayage et de vide et réinjection de gaz. Ces deux technologies sont schématisées ci-dessous :

a) Le procédé par balayage gazeux

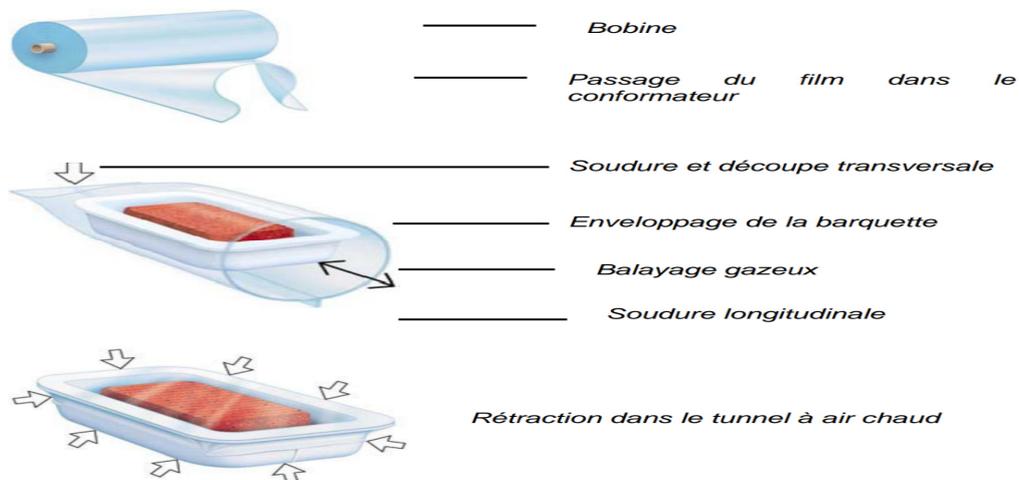


Figure 05 : Le procédé par balayage gazeux

Ce procédé d’enveloppement rétractable pour le conditionnement sous atmosphère modifiée, utilise diverses sortes de barquettes (PSE (polystyrène expansé), aluminium, carton, PLA (acide polylactique) avec un film ultrafin barrière et antibuée. C’est un film qui apporte ses propriétés barrière à l’ensemble du conditionnement.



Figure 06 : Exemples de barquettes conditionnées avec le procédé BDF

b) La technique du vide compensé (vide et réinjection de gaz)

Cette technique consiste à réaliser au sein d'une operculeuse (figure7) le vide d'air avant de réinjection le mélange gazeux souhaité. Les propriétés barrières sont apportées par le film d'operculage et par la barquette.



Figure 07:Operculeuse permettant un conditionnement sous atmosphère modifiée

Il y a plusieurs techniques parmi ces techniques en parle de :

Technique de Bloom C'est une technique permet le positionnement verticale des viandes et abats en linéaires.



Figure 08: Viandes et abats conditionnés selon le procédé Bloom

I.4.1.2.Le conditionnement sous film

Est une technique simple de protection des aliments. Elle consiste à placer la viande dans une barquette en PSE et à venir positionner de façon manuelle ou automatique un film étirable.

I.4.1.3. Le conditionnement sous vide

Le conditionnement des viandes sous vide consiste à effectuer un niveau de vide compris entre -3 et -5 mbar dans un sac hautement barrières aux gaz contenant un morceau de viande puis à le souder. Deux technologies sont utilisées :

- Le vide sous cloche en sac ou en poche thermoformée (figure09)

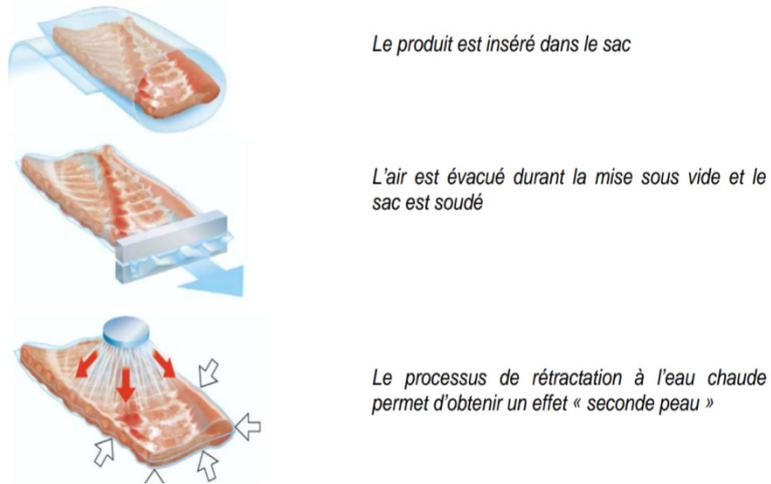


Figure 09: Procédé de conditionnement sous vide « classique »

Chapitre II

II.1. Emballage comestible

Un emballage comestible est un film, un enrobage ou une couche mince protectrice qui possède des propriétés sélectives (vis-à-vis des transferts) ou bien actives. Il fait partie intégrante de l'aliment et est consommé tel quel [36].

Ces emballages se présentent principalement sous forme soit de films, sachets, enveloppes (peau de saucisson) ou sous forme d'enrobage.

II.1.1. Qualités requises et fonctions des films et enrobages comestibles

Plusieurs qualités sont requises pour l'utilisation des emballages comestibles puisque ils sont comestibles et peuvent être ingérés. De ce fait, ils ne doivent présenter aucune toxicité, ils nécessitent de présenter une stabilité biochimique, microbiologique et physico-chimique supérieures à celle du produit destiné à être protégé. De plus, ils doivent avoir des propriétés sensorielles favorables ou neutres vis-à-vis de l'aliment concerné [37].

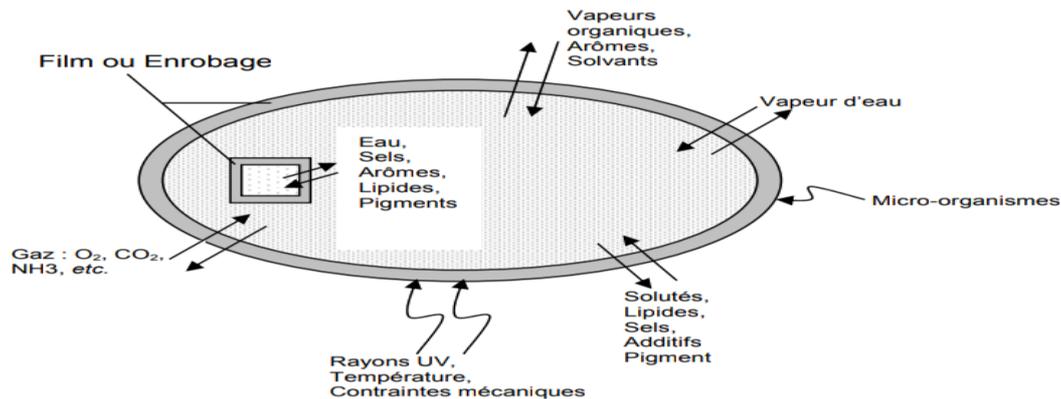


Figure 10: Fonctions sélectives des films et enrobages comestibles [38].

Les fonctions des emballages comestibles sont variées et présentées sur la figure(10). Ils peuvent être utilisés pour leurs propriétés barrières, c'est-à-dire leur sélectivité ou capacité à ralentir les transferts et migration de diverses substances(eau , gaz, lipides, arômes , pigments, etc.), entre l'aliment et son environnement ou entre divers constituants d'un aliment hétérogène dans le but de prolonger la durée de conservation des produits alimentaires.

Ces emballages peuvent également présenter un rôle actif dans le sens où ils peuvent améliorer les qualités organoleptiques, biochimiques, hygiéniques, microbiologiques et /ou physico-chimiques des aliments ainsi emballés. Ce rôle consiste à servir de support pour des

substances actives (médicaments, vitamines, antioxydants, antimicrobiens, etc.) ; des agents de surface (colorants, agents brillants, etc.), des arômes, ou encore à renforcer la structure de produits fragiles [37].

II.1.2. Composition des films et enrobages comestibles

La composition des films et enrobages comestibles est très variés. Par ailleurs, il n'existe pas de législation particulière sur la composition ou l'emploi des couches barrière. Ces dernières pouvant être consommées au même titre que l'aliment, il suffit qu'elles répondent aux réglementations en vigueur pour les produits alimentaires. Par conséquent, d'après la Direction Générale de la Consommation, de la Concurrence et de la Répression des Fraudes, tous les ingrédients, additifs et auxiliaires technologiques autorisés sont potentiellement utilisables dans la formulation des emballages comestibles [38].

On peut ainsi citer :

- Les émulsifiants et agents texturants pour stabiliser les émulsions et les suspensions,
- Les acides ou les bases utilisés pour faciliter la solubilisation des protéines,
- Des agents qui augmentent la réticulation des systèmes protéiques (sulfites, aldéhydes),
- Des antioxydants (acide ascorbique) ou encore des antimicrobiens... [39,40].

II.1.3. Structure des films et enrobages comestibles

II.1.3.1. Films et enrobages à structure homogène

La formulation d'enrobages ou de films comestibles implique l'utilisation d'au moins un constituant capable de former une matrice ayant une cohésion et une continuité suffisante [41,42].

II.1.3.1.1. Les bio-polymères protéiques

a) Les protéines

Sont des hétéropolymères complexes dont les monomères sont des acides aminés assemblés par des liaisons peptidiques pour former leur structure primaire. Les liaisons peptidiques formées génèrent des structures secondaire, tertiaire voire quaternaire variables qui confèrent aux protéines de nombreuses propriétés [43]. Les protéines les plus utilisées pour élaborer des films et enrobages comestibles sont :

b) Collagène et gélatine

Le collagène est une protéine fibreuse, permet d'obtenir des films comestibles [44]. En effet, l'hydrolyse partielle du collagène donne la gélatine. Celle-ci est soluble dans l'eau ce qui permet d'obtenir des films par refroidissement et séchage d'une solution aqueuse. Ces films sont transparents, flexibles, résistants et imperméables. Ils sont utilisés pour la micro encapsulation d'arômes, de vitamines et d'édulcorants et pour protéger contre le rancissement.

Ils ont, en grande partie, remplacé les boyaux intestinaux des saucisses. Ils apportent les propriétés mécaniques nécessaires à ces produits à base de viande. En plus ils constituent une bonne barrière à l'oxygène et à l'humidité. Ces films ont été employés pour réduire le transfert de gaz et d'humidité dans les viandes [44].

Les films à base de gélatine sont rapportés comme de excellentes barrières aux gaz, aux composés volatiles ainsi qu'aux rayons ultraviolets [45, 46]. Les propriétés des films de gélatine sont dépendantes de la source de la protéine. Par exemple la gélatine de la peau de requin est moins barrière à la vapeur d'eau que celle provenant d'autres poissons [47]. De nombreux auteurs [45, 46] ont proposé l'insertion des composés naturels hydrophobes dans des solutions filmogènes de collagène afin de réduire le caractère hydrophile et la perméabilité à la vapeur d'eau des films formés [48]. Ont utilisé des surfactants afin d'assurer une distribution homogène des huiles essentielles dans le réseau protéique de collagène. Ils ont suggéré que l'utilisation des films contenant le couple approprié de surfactant/huile essentielle peut être envisageable dans le domaine de l'emballage alimentaire grâce à leurs propriétés anti oxydantes.

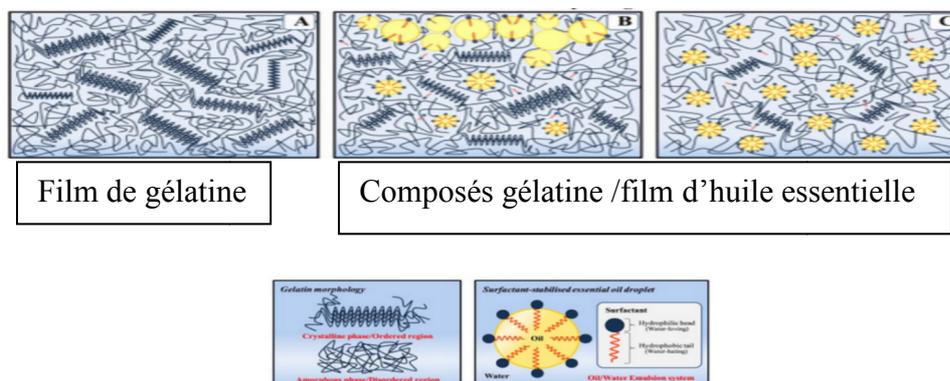


Figure11 : Illustration simplifiée des réseaux protéiques à base de collagène sans surfactant(A), avec des huiles essentielles en présence de surfactants non-appropriés(B) et appropriés (C) [45].

c) Les protéines de soja

Sont principalement des globulines et permettent la conception de films à partir de la collecte du film lipoprotéique formé à la surface du lait de soja chauffé. Les films composés de protéines de soja ont de bonnes propriétés mécaniques mais sont peu résistants à l'eau. Ils sont également formés à partir d'isolats protéiques de soja dispersés dans un système solvant hydroalcoolique[49,50].

d) Le gluten de blé

C'est un mélange complexe de deux types de protéines : les gluténines et les gliadines. Les films constitués à partir de gluten de blé sont obtenus par étalement en couche mince et séchage d'une solution filmogène hydroalcoolique en milieu acide ou basique en présence d'agents dissociants comme le sulfite [51].

Ils ont également de bonnes propriétés barrières aux gaz mais de faibles propriétés barrières à la vapeur d'eau. L'enrobage de fraises par un film à base de gluten permet de réduire la dessiccation lors de la conservation de ces fruits [52].

e) L'albumine d'œuf

Est utilisée pour encapsuler des composés organiques hydrophobes. Elle permet de réduire la perte d'humidité des raisins au sein des mélanges pour petit déjeuner [40]. Des films comestibles essentiellement d'albumine d'œuf ont un aspect plus clair que ceux formés par le gluten de blé, les protéines de soja [53].

e) Protéines de lait de vache

Est l'application la plus étudiée. La solubilité des protéines dans l'eau, leurs propriétés émulsifiantes et nutritionnelles les rendent intéressantes.

Les films à base de protéines laitières natives sont parfaitement solubles dans l'eau. Toutefois, un traitement thermique de 70°C pendant 20 min réduit plus de 90% cette solubilité par la dénaturation des protéines. Lors de la fabrication de ces films, les acides aminés hydrophobes et les cystéines, initialement présents au cœur de la molécule, se retrouvent exposés à la surface de la protéine suite au déploiement lié à la dénaturation thermique de celle-ci. Les films obtenus sont plus hydrophobe ce qui traduit par une amélioration de leur propriétés barrières à la vapeur d'eau [54].

Ces protéines permettent l'obtention de films transparents, sans goût et flexibles. Les propriétés des caséines permettent d'améliorer la présentation de nombreux aliments, de fabriquer des sachets solubles et d'assurer la rétention d'additifs à la surface de produits à humidité intermédiaire. Ils peuvent être également utilisés pour encapsuler des graisses polyinsaturées [55].

II.1.3.1.2. Les bio-polymères polyosidiques

a) Les polyosides

Utilisés pour la formulation de films et enrobages comestibles, sont généralement les mêmes que ceux utilisés comme stabilisants, épaississants et gélifiants. Ces matériaux sont peu résistants à l'eau et leurs propriétés barrières à l'humidité sont médiocres. En raison de leur nature hydrophile, les films à base de polyosides constituent des barrières efficaces aux huiles et matières grasses. Les propriétés barrières à l'eau et à l'oxygène étant souvent opposées, des films à base de polyosides peuvent être utilisés pour limiter l'oxydation de certains aliments ou pour améliorer la conservation de fruits et légumes frais [56].

a) Les carraghénanes

Sont extraits de différentes algues rouges dont le principal est *Chondrus crispus*. Elles présentent une structure complexe à base de polysaccharides [51]. L'enrobage à base de carraghénanes d'un aliment à humidité intermédiaire a permis la réduction significative du développement de microorganismes. Cela peut s'expliquer par la diminution du pH de la surface de 0,5 unité par rapport au pH de la masse de l'aliment [57].

b) Les pectines

Le plus souvent extraites du citron ou de la pomme, se composent de chaînes d'acides galactopyranosyluroniques à des degrés de méthylation différents [51].

Les alginates, les carraghénanes et les pectines permettent la fabrication d'emballages transparents et inodores qui présentent cependant de médiocres propriétés mécaniques. Ils permettent d'améliorer l'aspect et de limiter le collant des différents produits alimentaires. Ainsi ils peuvent les protéger contre le rancissement ou la dessiccation par des propriétés barrières à l'oxygène et à l'humidité.

c) L'amidon

Est un matériau très abondant, renouvelable, biodégradable et peu coûteux. Il se trouve sous forme granulée dans le maïs, le riz et les pommes de terre. En général, l'amidon se compose de deux polymères : 20% (m/m) d'amylose et 80% (m/m) d'amylopectine [58].

Les amidons natifs trouvent des applications en agroalimentaire tel que des boîtes à œufs et des films de paillage agricole. Après modification physique, chimique ou enzymatique l'amidon trouve ses principales applications dans différents secteurs : cosmétiques, colles, agroalimentaires (épaississant), bio emballages, etc. Les propriétés filmogènes de l'amidon sont fonction de la masse molaire moyenne, des parts en amylose/amylopectine et donc du ratio cristalline/amorphe [59].

Les films à base d'amidon sont transparents, inodores et sans goût. Ils sont également thermoplastiques et faciles à produire pour de faibles coûts. La résistance mécanique des films d'amidon est intéressante, avec des propriétés barrières aux gaz modérées.

d) La cellulose

Est un homopolymère thermostable avec une température de dégradation supérieure à 230°C. A l'état natif, La cellulose est insoluble dans l'eau du fait d'un grand nombre de liaisons hydrogène intramoléculaires et d'une cristallinité élevée [51]. Pour améliorer sa solubilité dans l'eau et lui conférer des propriétés filmogènes, la cellulose peut être estérifiée ou étherifiée au niveau des fonctions hydroxyles libres ou par un hydrolyse acide.

Les poudres cellulosiques sont utilisées comme enrobages reconstitués pour envelopper les saucisses et les « Hot Dogs ». Globalement, les films à base de cellulose modifiée ont des propriétés mécaniques et barrières à la vapeur d'eau intéressantes comparées aux films synthétiques [60,61].

II.1.3.1.3. Les substances hydrophobes

L'utilisation de matière grasse pour enrober des produits alimentaires est une pratique ancestrale : enrobages des produits de confiserie par du chocolat, pelliculage des fruits et des légumes par la cire. Un grand nombre de composés lipidiques tels qu'huiles et matières grasses, acétoglycérides, cires naturelles ou agents tensioactifs, a été testé pour la réalisation de films ou d'enrobages comestibles [62,63].

Ils sont utilisés essentiellement en raison de leurs excellentes propriétés barrières à l'humidité soit en couche protectrice de surface, soit en couche barrière entre deux compartiments d'un aliment hétérogène [62-64]. Nous citons comme exemple les cires (cire de paraffine, la cire d'abeilles) et des agents tensioactifs (alcools gras saturés à 16 et 18 carbones, ainsi que les monoglycérides correspondant, le monostéarate de glycérol et le monopalmite de glycérol, sont les plus efficaces [65, 66,40]. Les acides gras et les monoglycérides insaturés sont les moins efficaces).

Des huiles telles que l'huile de paraffine, ou des huiles végétales naturelles ou hydrogénées (huile de palme, huile de maïs, huile de coton, huile de soja, etc.) ont également été utilisées pour l'élaboration d'emballages alimentaires [67,73].

II.1.3.2. Films et enrobages comestibles à structure hétérogène (films composites)

Il existe essentiellement deux types de barrières à base de lipides :

1. Les films et enrobages laminés ou multicouches dans lesquels les lipides forment une couche distincte de celle de l'hydrocolloïde. Le film à base d'hydrocolloïdes sert de support mécanique, mais aussi de barrière aux lipides afin d'éviter leur migration lors de traitements thermiques du produit. Par exemple, Kamper et Fennema (1985) ont appliqué un film bicouche à base de méthylcellulose et de cire d'abeille pour limiter les transferts d'eau entre la pâte et la sauce tomate dans des pizzas congelées.
2. Les films et enrobages émulsionnés dans lesquels les lipides sont dispersés au sein d'un réseau macromoléculaire qui a un caractère hydrophile (protéines et/ou polysaccharides). Une émulsion à base de protéines de lactosérum et de monoglycérides acétylés permet de retarder significativement la perte d'eau et l'oxydation de blocs de saumon au cours de leur stockage. [74].

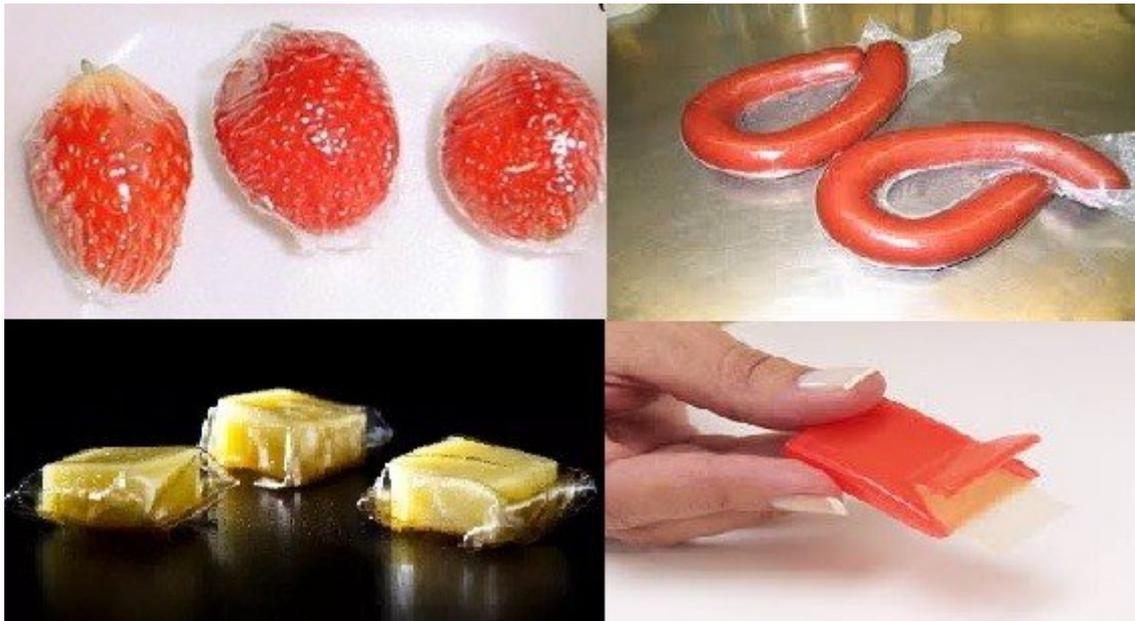


Figure12: Quelques exemples d'emballages comestibles utilisés en industrie

II.1.4. Propriétés physico-chimiques des films comestibles

II.1.4.1. Propriétés mécaniques

Les propriétés mécaniques des films comestibles sont liées principalement aux forces de cohésion qui sont mises en jeu entre les chaînes polymériques. Ces forces dépendent de la structure, de la morphologie et de la masse moléculaire du matériau filmogène [75]. Logiquement, les facteurs qui influencent cette cohésion structurale du matériau auront un impact direct sur les propriétés mécaniques des films comestibles.

Des additifs peuvent permettre de changer le degré de cohésion des agro-polymères. L'utilisation des plastifiants, comme indiqué précédemment, est indispensable à la formation de films souples. Tout en restant indispensable à l'étape de transformation, le plastifiant change dramatiquement les propriétés mécaniques des films. La présence d'un plastifiant va augmenter la mobilité des chaînes polymériques en augmentant l'espace intermoléculaire.

Ceci va améliorer la flexibilité du film final avec un allongement à la rupture nettement plus élevé, un module élastique et une contrainte à la rupture plus faibles [5,76].

Parmi les plastifiants les plus utilisés dans les films comestibles, on peut citer : les polyols (comme le glycérol, le sorbitol ou le polyéthylène glycols), les oligosaccharides (comme le saccharose, le glucose ou la xylose) et les lipides et leurs dérivés (comme les phospholipides, les acides gras ou certains surfactants). L'eau aussi est un plastifiant très

utilisé mais il est plus difficilement maîtrisable pour les agro-polymères qui sont souvent de nature hydrophile [77, 78].

II.1.4.2. Propriétés barrières aux gaz

La conservation d'un produit alimentaire emballé dans un film plastique dépend principalement du maintien de ses qualités d'origine en le protégeant contre des influences extérieures dégradantes. Ceci est rendu possible grâce aux propriétés barrières du matériau d'emballage. Les propriétés barrières, et en conséquence la capacité de protection d'un emballage, proviennent principalement de la perméabilité aux gaz et à la vapeur d'eau qui influencent fortement la qualité du produit. Par exemple, une perte d'eau peut conduire à un assèchement indésirable de l'aliment ou un gain d'eau peut entraîner une augmentation de l'activité de l'eau (a_w). Au-delà d' $a_w=0,8$ les risques sanitaires liés à un développement de micro-organismes indésirables sont élevés [79].

L'oxygène est un autre paramètre très important à contrôler pour les aliments d'origine animale et végétale. Sa fixation sur le produit est irréversible. Elle peut oxyder des lipides et provoquer la rancidité, surtout si l'emballage permet de transmettre la lumière [79].

Son absence, quant à elle, peut amener à une anaérobiose. La conservation des qualités (physique, chimique, sanitaire, organoleptique) d'un aliment est assurée lorsque tous changements de goût, de couleur et d'odeur sont empêchés. Si une atmosphère modifiée est appliquée à l'intérieur de l'emballage, sa composition en CO_2 et/ou N_2 doit être maintenue [79].

Il est ainsi impératif de connaître la perméabilité du film polymérique aux gaz de l'environnement qui peuvent influencer sur la conservation du produit alimentaire. La perméabilité est définie comme la transmission de pénétrants au travers du matériau [75].

Les paramètres structuraux des polymères filmogènes peuvent jouer un rôle crucial sur la solubilité des pénétrants dans les films et leurs diffusivités à travers ceux-ci. Par exemple le volume libre, la cristallinité, la polarité, l'orientation et la réticulation du polymère peuvent être cités parmi les paramètres qui influencent grandement la diffusivité et donc la perméabilité. D'autre part, la taille, la forme, la polarité du diffusant, vont également influencer la perméabilité du film (la solubilité du diffusant est dépendante de ces paramètres) [79].

II.1.4. Intérêts et limites à leur utilisation dans le domaine alimentaire

Il existe plusieurs avantages à l'utilisation des films comestibles dans le domaine alimentaire, ils peuvent emballer des petites portions de produits en dosettes individuelles comme le café, le thé, le cacao, la soupe déshydratée, ou encore les ingrédients et additifs alimentaires [80, 81].

Ils peuvent également séparer différentes parties dans le produit, par exemple, les fruits et la pâte dans un gâteau. Ce type d'applications offre des possibilités intéressantes de formulation et de préparation de l'aliment pour les individus et les industriels [81].

Il faut également noter qu'un enrobage comestible peut aussi dans les cas où ils sont consommés avec l'aliment permettre la suppression des déchets d'emballage primaire.

L'utilisation des films et enrobages comestibles nécessite cependant des systèmes d'emballages secondaires pour des raisons d'hygiène et de manutention.

En tant qu'emballage primaire, ils peuvent cependant permettre, grâce à leurs propriétés barrières aux gaz ou arômes, de réduire les emballages complexes multicouches secondaires en couche simple qui se recycle parfaitement [82, 83].

Notamment, les enrobages sur les fruits et les légumes prêts à l'emploi peuvent fournir une perméabilité sélective aux gaz (O_2/CO_2 ou O_2/H_2O) qui permet la respiration en limitant la déshydratation pendant le stockage [84].

Une amélioration de l'aspect de surface (le brillant) et du toucher (diminution du collant) peut être apportée grâce aux propriétés des films et enrobages comestibles à base d'hydrocolloïdes. Contrairement à ceux formés à partir de matières grasses ou de cire, qui possèdent souvent un aspect opaque, glissant et un goût de bougie, les films à base d'hydrocolloïdes sont généralement transparents, inodores et sans goût. La transparence d'un polymère est dépendante de sa morphologie mais indépendante de la structure ou de la masse moléculaire du matériau [75].

Les films et les enrobages peuvent également servir à maintenir une concentration élevée en colorants, en arômes, en épices ou en composés de saveur, etc. Ce procédé peut aussi être mis à profit pour réaliser des films et enrobages comestibles enrichis par divers nutriments et vitamines [75, 80].

Les films et les enrobages peuvent aussi constituer des supports potentiels d'agents actifs (antimicrobiens, antioxydants, piégeant l'oxygène ou l'éthanol ou encore émetteurs d'éthanol). Les films actifs peuvent ainsi prolonger la durée de conservation d'un aliment en assurant la sécurité, la qualité nutritionnelle et sensorielle [85].

A côté de ces intérêts multiples, l'utilisation des biopolymères pour les emballages comestibles est soumise à des limitations. Les aliments emballés avec les films à base de protéines animales peuvent devenir bloquants vis-à-vis des végétariens. En plus, certains biopolymères sont de potentiels allergènes. Par exemple, des protéines comme le gluten, les caséines peuvent poser des problèmes d'allergie chez le consommateur [85, 86].

Pour éviter cela, un étiquetage adapté sur l'emballage pour informer de son contenu est nécessaire [87].

La comestibilité des films est dépendante de la formulation et du procédé de fabrication. Afin de garder leur comestibilité, les ingrédients doivent être de qualité alimentaire ce qui limite le choix des solvants à l'eau et l'éthanol [88].

II.1.5. Les films comestibles antimicrobiens

II.1.5.1. Les agents antimicrobiens pour fonctionnaliser des films comestibles

Toutes substances destinées à être libérées dans les denrées alimentaires ou dans leur environnement sont considérées comme des ingrédients et donc doivent être autorisées comme additifs pour les aliments destinés à être en contact [88].

L'utilisation d'agents antimicrobiens non-alimentaires est possible uniquement dans le cas où l'agent est immobilisé sur le polymère filmogène [88]. Les emballages antimicrobiens peuvent être classés en 2 groupes :

- Ceux contenant des agents actifs qui migrent délibérément vers la surface des denrées alimentaires.
- Ceux qui sont efficaces contre une contamination potentielle sur la surface des aliments sans migration éventuelle de l'agent actif. Ces derniers contiennent des agents actifs immobilisés sur le polymère filmogène ou bien le polymère filmogène possède lui-même un caractère antimicrobien (exemple du chitosane) [59].

De nombreuses substances antimicrobiennes peuvent être intégrées dans les films comestibles afin de créer des systèmes d'emballages comestibles et antimicrobiens. Elles

peuvent être regroupées en fonction de leur nature (exemple : Les agents obtenus par synthèse chimique comme l'éthanol, et les agents naturels comme la cannelle, clou de girofle, ail, gingembre, citron, moutarde, origan, poivre, thym et les composés phénoliques) [89].

II.2. Emballage actif

Les nouveautés et les tendances récentes dans les techniques d'emballage alimentaire sont les résultats des préférences des consommateurs à l'égard des produits alimentaires transformés ayant une durée de conservation et une commodité accrue. De plus, la tendance moderne des pratiques de vente au détail et l'évolution du style de vie incitent à l'évolution des techniques d'emballages novatrices sans compromettre la sécurité et la qualité des aliments. Une autre raison importante pour les emballages alimentaires innovants, est le problème croissant des épidémies microbiennes d'origine alimentaire qui exige l'utilisation d'emballages avec des effets antimicrobiens et la conservation de la qualité des aliments.

L'emballage actif est l'un des concepts innovants d'emballage alimentaire qui a été introduits en réponse aux changements continus des demandes actuelles des consommateurs et des tendances du marché [90].

Les systèmes d'emballage actif alimentaire sont basés sur des matériaux dans lesquels des additifs ayant des propriétés active (antimicrobiennes et ou antioxydants) sont incorporés dans la matrice polymérique dans le but d'augmenter la durée de conservation des produits alimentaires et de maintenir ou d'améliorer les propriétés des aliments emballés [91, 92, 93, 94].

Alors, les emballages alimentaires actifs peuvent offrir plusieurs fonctions qui n'existent pas dans les systèmes d'emballage conventionnels. Les fonctions actives peuvent inclure le piégeage de l'oxygène, et l'activité antimicrobienne [90].

De même, l'emballage actif est utilisé comme un substitut aux techniques conventionnelles de transformation des aliments (Traitements thermiques élevés, saumurage, acidification, déshydratation et des additifs de conservation) [95].

Les matériaux d'emballage utilisés dans ces systèmes peuvent incorporer des composants destinés à être libérés dans les aliments ou absorber des substances provenant des aliments emballés responsables de leur détérioration. Les substances responsables de la fonction active de l'emballage peuvent être placées dans un support séparé ou être directement incorporées dans le matériau d'emballage [96].

Les produits d'oxydation de faible poids moléculaire donnent un mauvais goût, détruisent les éléments nutritifs essentiels, et produisent des composés toxiques [97]. La libération contrôlée d'agents actifs dans les aliments via des films d'emballage pendant de longues périodes de stockage et de distribution limite la génération des arômes indésirables produits par l'incorporation directe d'additifs dans les aliments [98].

Les emballages actifs par leur concept innovant et en raison de leurs interactions avec l'emballage, l'aliment et l'environnement, génèrent de plus longues durées de conservation des aliments, une protection plus élevée des saveurs, ainsi que de faibles teneurs en additifs dans les formulations alimentaires tout en préservant la qualité du produit [97].

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 [97].

L'utilisation des agents antimicrobiens dans l'emballage est une forme d'emballage actif qui vise à diminuer ou à inhiber la croissance microbienne dans l'aliment emballé ou lui-même dans l'emballage alimentaire [91].

L'agent antimicrobien contenu dans les emballages se fonctionnalise soit par une diffusion directe à la surface de la nourriture, soit sous forme de vapeur [99].

II .2.1.L'emballages actifs antioxydants

L'oxydation des lipides dans les aliments entraîne non seulement le développement du rancissement, mais aussi la formation potentielle des aldéhydes toxiques et la perte de qualité nutritionnelle [100].

Afin de protéger l'oxydation des lipides, les antioxydants sont traditionnellement ajoutés dans la formulation alimentaire initiale. L'ajout direct des antioxydants dans les aliments est limité par leur participation à des réactions complexes devenant parfois prooxydantes et le manque de sélectivité pour cibler la surface des aliments où la plupart des réactions d'oxydation se produisent [97].

L'emballage actif antioxydant peut être utilisé comme moyen d'améliorer la qualité du produit et de prolonger la durée de conservation des aliments en particuliers les viandes et des produits carnés en contrôlant le niveau d'oxygène auquel le produit est exposé [101].

Les outils de piégeage de l'oxygène utilisés dans les matériaux d'emballage inhibent les réactions oxydatives en éliminant l'oxygène et sont sous forme des sachets. Parmi les capteurs d'oxygène utilisés sont, l'oxyde de fer qui réagit avec l'oxygène pour diminuer sa concentration [102], les capteurs de dioxyde de carbone qui diminue la vitesse de respiration des aliments frais [92].

La capacité de ces sachets à absorber est très limitée, nécessitant ainsi plusieurs sachets pour un produit conçu pour une longue durée de conservation, ce qui n'est pas pratique et commercialement acceptable [103].

Cependant, l'addition des antioxydants synthétiques dans les formulations de polymères est une pratique de plus en plus courante en tant que moyen de protection de la dégradation des polymères pendant leur traitement et pendant leur durée de vie. Parmi les antioxydants synthétique, seulement quatre sont couramment employés pour les aliments on note principalement le butylatedhydroxyanisole (BHA), le butylatedhydroxytoluene (BHT), propyl gallate (PG), et le tert-butylhydroquinone (TBHQ)) [97, 104].

Les systèmes de films fonctionnels antioxydants sont une technologie alternative réalisable pour telles applications. Cette technologie est bénéfique à la fois pour l'emballage et les aliments emballés, car d'une part les antioxydants incorporés stabilisent le polymère pendant le traitement et d'autre part inhibent l'oxydation du produit [105].

II.2.2. Emballage actifs antimicrobiens

Les emballages antimicrobiens sont des moyens novateurs résultant des problèmes d'origine alimentaire. Cette option permette d'inhiber la croissance microbienne tout en maintenant la qualité, la fraîcheur et la sécurité de l'aliment. Les emballages alimentaires antimicrobiens agissent pour réduire, inhiber ou retarder la croissance des microorganismes qui peuvent être présents dans les aliments emballés ou les matériaux d'emballage eux-mêmes.

L'utilisation des films d'emballage contenant des agents antimicrobiens pourrait être l'emballage le plus performant, par une lente migration des agents du matériau d'emballage à la surface du produit, aidant ainsi à maintenir des concentrations élevées où elles sont nécessaires. Si un antimicrobien peut être libéré de l'emballage pendant une période prolongée, l'activité peut également être étendue à la phase de stockage, de transport et la distribution alimentaire [90].

II.2-2-1-Les systèmes d’emballage antimicrobien

La plupart des systèmes d’emballages alimentaire représentent soit :

- ✓ Un système Emballage /Aliment
- ✓ Un système Emballage/Espace libre/Aliment

Un système Emballage/ aliment est un produit alimentaire solide, liquide ou de faible viscosité en contact avec le matériau d’emballage. Les produits de viande prêts-à-manger emballés individuellement, les produits cuits « sous vide » et les produits de charcuterie sont de bons exemples. La diffusion de matériau d’emballage vers l’aliment et la répartition à l’interface sont les principaux phénomènes de migration impliqués dans ce système (figure15). Les agents antimicrobiens peuvent être initialement incorporés dans les matériaux d’emballage et migrer dans les aliments par une diffusion et une répartition [106].

Les systèmes emballage / Espace libre / Aliment sont représentés par des aliments emballés dans des emballages flexibles, des tasses et des cartons. L'évaporation ou la distribution équilibrée d'une substance dans l'espace libre, le matériau d'emballage et l'aliment doit être considérée comme faisant partie de principaux mécanismes de migration pour estimer la distribution interraciales de la substance (Figure14). Une substance active volatile peut être utilisée dans ces systèmes, car elle peut migrer à travers l'espace libre entre l'emballage et les aliments [90].

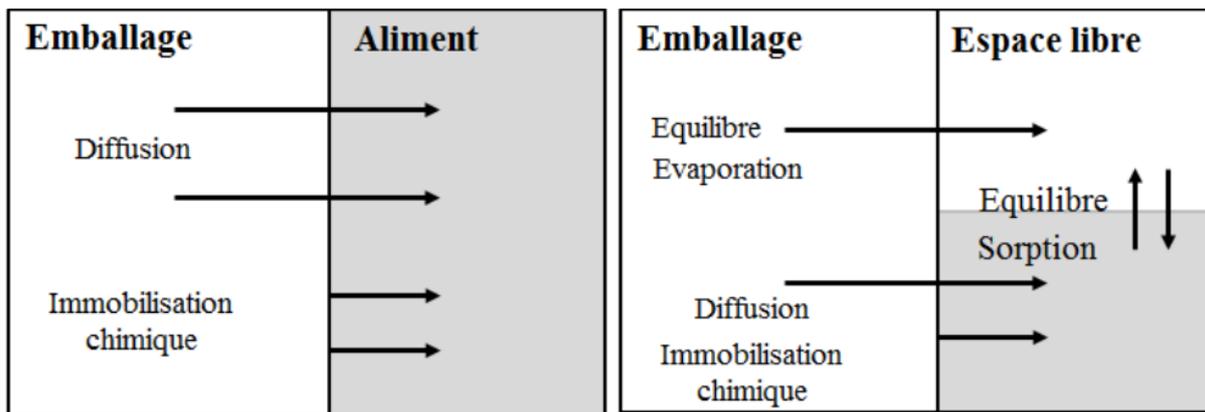


Figure 13 : Système d’emballage alimentaire et comportement relatif des substances actives [106].

Les systèmes d’emballages alimentaires existent en plusieurs formes notamment :

- Des sachets ou des tampons contenant des agents antimicrobiens :

Les sachets sont absorbeurs d'oxygène et d'humidité (source de moisissure), les tampons renferment les acides organiques et les surfactants [107].

- Des agents antimicrobiens directement incorporés dans les polymères :
Des acides organiques, l'hexaméthylènetétramine ont été ajoutés au LDPE, les peptides antimicrobiens ont été ajoutés au PE et la nisine au HPMC
- Revêtement les antimicrobiens sur les surfaces de polymères

Des films comestibles ont été utilisés comme support pour des agents antimicrobiens et appliqués en tant que revêtements sur des matériaux d'emballage. La nisine méthylcellulose pour les films de polyéthylène [107].

II.2.2.2.Exemples de concepts d'emballages antimicrobiens

Plusieurs autres composés ont été proposés et testés pour l'activité antimicrobienne dans des emballages alimentaires comprenant des acides organiques (Tableau 4). Aussi, des bactériocines et des fongicides [108].

Tableau 04 : Emballages alimentaires antimicrobiens contenant des composés organiques, des bactériocines et des enzymes.

Agent antimicrobien	Matériau d'emballage	Référence
Acide acétique	Chitosane	[109]
Acide benzoïque	PE-co-MA	[110]
Anhydride benzoïque	LDPE	[111]
Benzoate de sodium	MC/Chitosane	[112]
Acide propanoïque	Chitosane	[113]
Anhydride d'acide sorbique	PE	[114]
Cellulose noncrystal/Argent	PLA	[111]
Acide lactique	Alginate	[115]
Glucose oxidase (bactériocine)	Alginate	[116]
Lysozyme	PVOH, Nylon, Acétate de cellulose	[91]

II.2.3.Limitation des emballages alimentaires

La prévention des microorganismes pathogènes et la détérioration des aliments ont nécessité l'utilisation d'agents synthétiques et artificiels tels que butylatehydroxytoluène (BHT), butylatehydroxyanisole (BHA), tert-butylhydroxyhydro quinone (TBHQ), propyl gallate (PG), les thioesters et les composés organophosphorés comme additifs d'emballage actif. Cette utilisation est limitée en raison de leur toxicité résultant de leurs migrations dans les produits alimentaires [117].

En effet, elles provoquent des effets néfastes et indésirables pour la santé humaine suite à leur migration et leur diffusion dans l'organisme à travers l'emballage alimentaire [118]. Il a été démontré que le BHA était cancérigène dans les expériences sur les animaux. Aussi, à des doses élevées, le BHT a causé une hémorragie interne et externe, ce qui a entraîné la mort de certaines souches de souris et de cobayes Ceci a entraîné une demande aux fabricants des emballages à trouver d'autres moyens [119].

Ainsi, l'utilisation d'additifs synthétiques est désormais remplacée par l'utilisation des substances naturelles d'herbes, d'épices, et d'extraits végétaux généralement reconnus comme sûrs et sains [120, 121]. En outre, ces additifs naturels sont de bonnes sources de divers composés bioactifs [120] ,et sont utilisés comme excellente forme de conditionnement actif dans les produits carnés en raison de leurs propriétés biologiques importantes [122].

II.2.4.Les grandes catégories d'emballages actifs/intelligents [123].

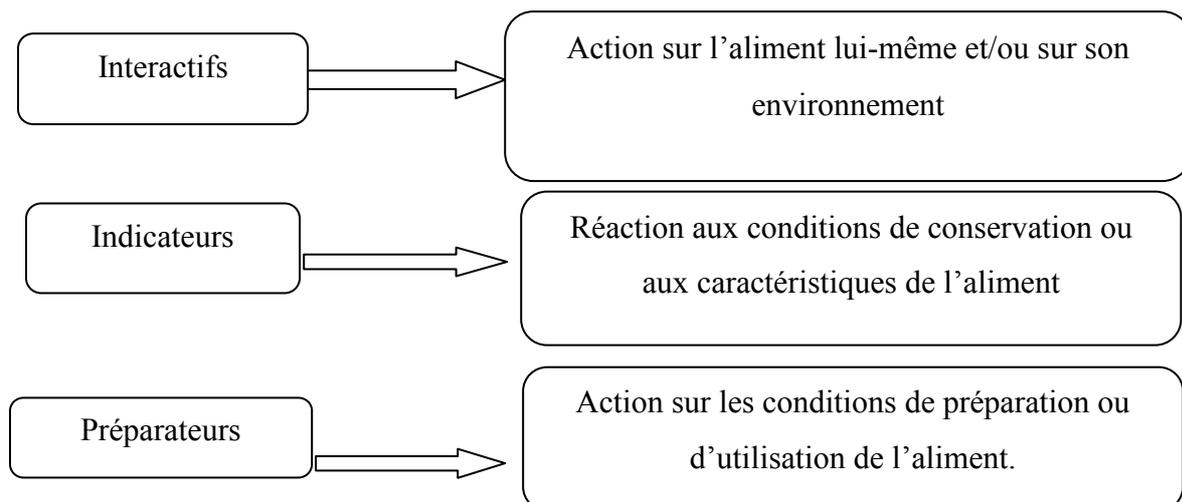


Figure14 : Schéma représentatif des différents types d'emballages actifs.

II.2.5. Les objectifs des catégories et quelques exemples d'application [123].

L'emballage actif a des catégories très importantes qui représentent plusieurs objectifs.

Tableau 05 : Représente les objectifs des catégories et quelques exemples d'application.

Les catégories	Les objectifs	Les exemples
Interactifs	Prolonger la durée de conservation, améliorer la qualité ...	Modification de l'atmosphère intra emballage par absorption ou dégagement de gaz, de vapeurs, effets antimicrobiens ...
Indicateurs	Informer le consommateur de l'histoire et de la qualité du produit, garantir des conditions de traitement, de conservation.	Indicateurs tps/ T°, teneur en O ₂ , CO ₂ , amines volatils, pH du produit...
Préparateurs	Faciliter sa préparation, sa consommation, son utilisation, permettre de nouvelles technologies de transformation.	Emballages auto-refroidissant/ chauffants, micro-ondes avec sustentateurs, à valves, hydrosolubles ...

Chapitre III

III.1. Quelques exemples d'application d'un emballage actif et comestible sur la conservation des aliments.

A cause de la COVID 19, nous n'avons pas pu réaliser une partie pratique, cependant, nous allons essayer de présenter dans ce chapitre quelques exemples d'emballage précédemment étudiés par des chercheurs et qui ont montrés leurs efficacité ;

Un emballage actif a été préparé à base d'extrait de feuilles d'Oliver lyophilisé à différentes concentrations 1%, 2%, 3%, 5% et 10% par Moudache et al. (2017) qui est destiné à emballer la viande fraîche.

III .1.1. Exemple de préparation d'un emballage actif

Un film multicouche composé de 2 couches de polyéthylène LDEP (LowDensitypolyéthylène; film 30 μ m) a été utilisé dans cette expérience;

Les couches sont collées entre elles avec un adhésif approprié pulvérisé sur toute la surface du premier film de PE avant d'appliquer la seconde couche (plastique) à raison de 4,44 mg d'adhésif.cm² de film à l'aide d'une machine de revêtement K202 Control Coater 2005 (RK Printcoat Instrument).

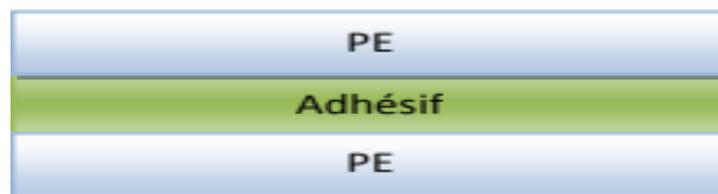


Figure 15 : Film utilisés : PE /PE

III.1.1.1.Application à l'emballage de la viande

Une série de 75 boîtes de Pétri (10cm de diamètre) contenant chacune 22g de viande hachée sont recouvertes de 100cm² (10 × 10cm) de film actif. Elles sont introduites dans des sacs en plastique rempli d'atmosphère modifiée (30% de CO₂ et 70% d'O₂) ; les sacs sont scellés (figure16), puis conservés à 4 ° C pendant 15 jours.

Les boîtes sont réparties en 5 lots selon la concentration d'extrait (0%, 2%, 5%, 10%, et 15%), chaque lot est réparti en 5 groupes selon le temps de conservation de la viande (0, 7,

11, 13, 15^{ème} jour). A l'issue de chacun de ces temps de conservation, trois emballages ont été ouverts à fin d'effectuer les analyses étudié par l'auteur.

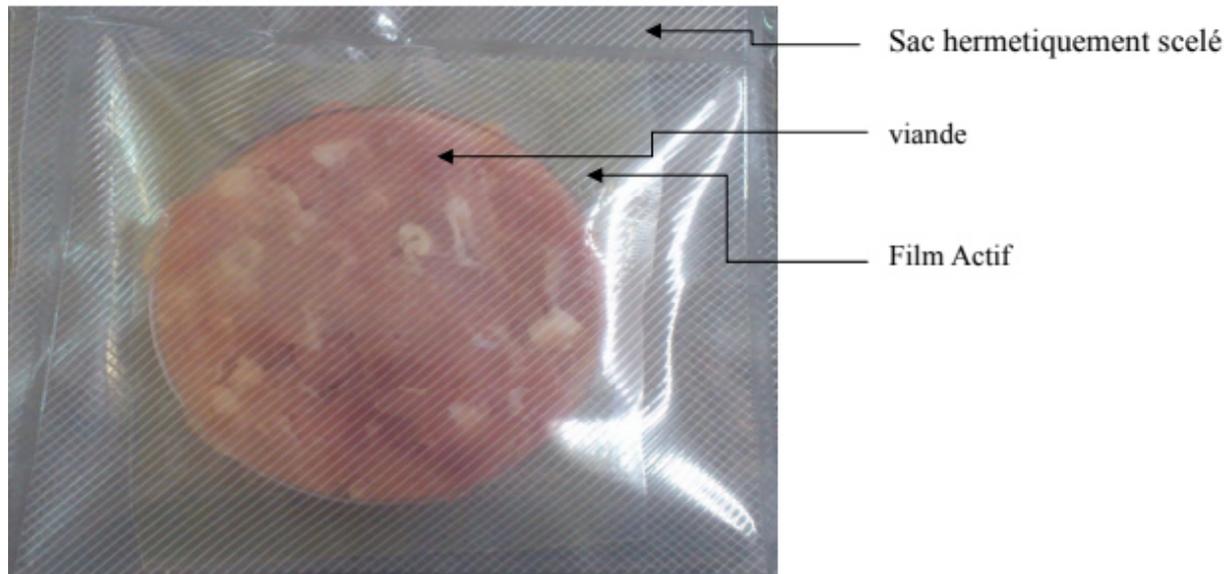


Figure 16 : Echantillon de viande emballé avec du film actif.

III.1.1.2. Résultat

Après les analyses effectués par Mme Moudache et al.(2017) [124], qui révèlent le degré d'oxydation de la viande emballée avec le film actif (2%, 5%, 10%, et 15%) et le témoin (0%), les résultats ont montré une meilleure conservation de la viande avec le film actif par toutes les analyses effectuées ; ce conditionnement actif a efficacement amélioré la stabilité de la viande fraîche contre les processus d'oxydation; cela représente un moyen prometteur pour prolonger la durée de conservation de la viande fraîche hachée, avec un avantage important par rapport aux emballages passif.

III.1.2. Exemple d'emballage comestible

Dans cet exemple Mme Messaoudene. A. (2018) [125] , a utilisé des fraises fraîches (*Fragariaananassa*) pour leur durée de conservation courte, ces dernières ont été sélectionnées sur la base de leurs poids et taille uniforme et le stade de maturité (basé sur la couleur et la fermeté) et l'absence de blessures ou moisissures visibles.

III.1.2.1. Préparation des solutions d'emballage

Le filmogène a été préparé par dissolution du chitosane dans l'eau distillée à une concentration de 2%.

III.1.2.2. Emballage du fruit

Les fraises ont été immergées dans la solution d'emballage pendant une minute puis séchées à l'air libre ; une couche mince du filmogène se forme à la surface du fruit. Un échantillon contrôle est laissé sans emballage. Les fraises sont ensuite conservées dans des boîtes en plastique (polypropylène. PP) et stockées à 4 °C pendant 12 jours.



Figure17 : a)Enrobage de fraise, b) Fraises après enrobage, c) fraise stokées dans des boites en pp (polypropylène).

III.1.2.3. Evaluation de la qualité des fraises

Des tests physicochimiques et microbiologiques sont effectués chaque trois jours afin d'évaluer la qualité des échantillons pendant la période du stockage.

D'après les analyses qu'ils ont faites, l'application d'enrobage sur la fraise avait un effet positif sur sa conservation de ces dernières on les comparant aux fraises témoins.

Conclusion

Les emballages alimentaires actuels (comme l'atmosphère contrôlée ou le sous-vide) protègent l'aliment du dioxygène en diminuant le taux de ce dernier contenu dans l'air de l'emballage ou en utilisant des antioxydants. Ces techniques de conservation permettent de limiter l'oxydation et donc l'altération de l'aliment.

L'utilisation des emballages bioactifs est un moyen promoteur pour la conservation des denrées alimentaire puisqu'ils empêchent la dégradation de l'aliment, soit il agit contre l'oxydation ou les micro-organismes pathogènes limitant ainsi les intoxications alimentaires pour un temps beaucoup plus prolongé qu'avec les autres techniques de conservation passives.

Les aliments, en particulier les fruits, dégagent de l'éthylène en se dégradant. C'est ainsi que les aliments deviennent "non-comestibles". En effet, ce dégagement d'éthylène est un agent de la maturation des fruits, c'est pourquoi les emballages alimentaires contiennent des absorbeurs d'éthylène qui contribuent à optimiser la conservation de ces produits.

Nous avons vu que les emballages alimentaires d'aujourd'hui abordent plusieurs techniques qui favorisent la conservation des aliments puisqu'elles prennent en compte tous les facteurs environnementaux qui pourraient endommager le produit "autant d'un point de vue de la forme que du fond" : elles empêchent un changement d'aspect (la forme) mais aussi des infections bactériennes (le fond), et prolongent la durée de conservation de l'aliment.

Ce concept est avant tout né d'un enjeu écologique, le souci de la réduction des déchets est le moteur de ce projet. Le but des emballages comestibles est donc d'enseigner à la population une nouvelle manière de consommer, afin d'éviter une catastrophe environnementale. Ne négligeons pas non plus l'aspect marketing de cette innovation, cette idée attire forcément l'attention des consommateurs.

L'emballage comestible est comme une peau pour le produit, il maintient l'humidité à l'intérieure et protégé le produit lui-même contre les germes et toutes autres chose qui vient de l'extérieur.

En effet, l'emballage comestible apporte la possibilité de jouer avec les saveurs et les textures.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

[1] **Piergiovanni, L., & Limbo, S. (2010)**. Materiali e imballaggi flessibili compositi. In Food packaging 259-274.

[2] **Guilbert, S., Cuq, B. (1998)**. Les Films et Enrobages Comestibles. In : L'emballage des denrées alimentaires de grande consommation ; Multon J.L., Bureau G. (Eds.), Technique & Documentation, Lavoisier, Paris, 472-530.

[3] **Gontard, N. (2000)**. Panorama des emballages alimentaire actif. Les emballages actifs, coordonnatrice Gontard N., Editions TEC & DOC, Londres, 200(0).

[4] **Hassam A. (2011)**. Contribution à l'étude de la prévention des risques en restauration collective, Thèse : Méd.

[5] **Guilbert S. (1986)**. Technology and application of edible protective films. In : Food Packaging and Preservation, theory and practice. Mathlouthi, M., Ed.; Elsevier Applied Science, London, U.K., 371-394.

[6] www.aquaportail.com

[7] **Bourgeois C.M, Mescle J; Zucca (1988)**. Aspet microbiologique de la sécurité et la qualité alimentaires, Vol 1.

[8] (<http://substancediet.free.fr/Microbiologie.html> consulté le 05 juin 2008).

[9] Garry, véronique zuliani et pascal. "Les germes pathogènes dans l'industrie agroalimentaire."

[10] (<http://substancediet.free.fr/Microbiologie.html> consulté le 11 juin 2008).

[11] (<http://lc.ne.ch/Labo/BACTERIES.htm> consulté le 12 juin 2008).

[12] (<http://substancediet.free.fr/Microbiologie.html> consulté le 22 juin 2008).

[13] **Auras, R., Harte, B., Selke, S (2006)**. Sorption of ethyl acetate and d-limonene in poly(lactide) polymers. Journal of the Science of Food and Agriculture, Vol. 86, 648– 656.

[14] **Anonyme (2012)**. Emballage et conditionnement ; [en ligne] ; consulté le 27/11/2015 sur <http://www.azaquar.com>.

Références bibliographiques

- [15] **Soroka (2002).** Fundamentals of Packaging Technology, Institute of Packaging Professionals.
- [16] **Elandalousi, R. B., Akkari, H., B'chir, F., Gharbi, M., Mhadhbi, M., Awadi, S., & Darghouth, M. A. (2013).** Thymus capitatus from Tunisian arid zone: chemical composition and in vitro anthelmintic effects on Haemonchus contortus. Veterinary parasitology, 197(1-2) 374-378.
- [17] **Lagunez Rivera, L. (2006).** Etude de l'extraction de métabolites secondaires de différentes matières végétales en réacteur chauffé par induction thermomagnétique directe Doctoral dissertation, 24.
- [18] **Marcel H., (2007).** Fonction emballage, France, 14p.Doc AG 6000.
- [19] [http / conserltaq.com](http://conserltaq.com)
- [20] **Anonyme ; (2012).** Emballage et conditionnement ;[en ligne] ; consulté le 27 /11/2015 sur [http/www .azquar.com](http://www.azquar.com).
- [21] **E.R., J. Goossens ; (2009)** Smart packaging ; [en ligne] ; consulté le 28/11/2015 sur <http://infotpa.gret.org/fileadmin/bulletin/bulletin16/b16p14.htm>).
- [22] **Robertson, G.L.,(2013).** Shelf-life of foods, Food Packaging: Principles and Practice. 3rd ed. CRC Press, Boca Raton, FL,. 329_366.
- [23] **Lee, D.S., (2010).** Packaging and microbial shelf-life of food. In: Robertson, G.L. (Ed.) Food Packaging and Shelf-life: A Practical Guide. CRC Press, Boca Raton, FL, . 55_80).
- [24] **Lee, D.S., (2010).** Packaging and microbial shelf-life of food. In: Robertson, G.L. (Ed.),Food Packaging and Shelf-life: A Practical Guide. CRC Press, Boca Raton, FL, 55_80).
- [25] **Lee, D.S., Yam, K.L., Piergiovanni, L.,(2008).** Shelf-life of packaged food products. Food Packaging Science and Technology. CRC Press, Boca Raton, FL, 479_542).
- [26] **Lee, D.S., Yam, K.L., Piergiovanni, L., (2008).** Food products stability and packaging requirements. Food Packaging Science and Technology. CRC Press, Boca Raton, FL, 543_594).
- [27] **Lickly L. et al; (1995).** Migration of styrene from polystyrene From Food-contact Articles. Food and Chemical Toxicology,Vol. 33.

Références bibliographiques

- [28] **Ulsten N. H et al. (2003).** A new test method based on head space Value%20Chain%20Waste.pdf.
- [29] **Mathlouthi M., (2008).** Emballage et conservation des produits alimentaires.
- [30] **Oussama Z.,(2008).** contribution à l'étude et à la modélisation de l'influence des phénomènes de transferts de masse sur le comportement mécanique de flacons en polypropylène .thèse pour obtenir le grade de docteur de l'université de paris –est.
- [31] **Malayoğlu, H. B., Aktaş, B., & Çeliksa, Ö. Y. (2011).** Total phenolic contents and antioxidant activities of the essential oils from some plant species. Journal of Ege University Faculty of Agriculture (Turkey), 48, 211-215.
- [32] **Babili, F. E., Bouajila, J., Souchard, J. P., Bertrand, C., Bellvert, F., Fouraste, I., ... & Valentin, A. (2011).** Oregano: chemical analysis and evaluation of its antimalarial, antioxidant, and cytotoxic activities. Journal of food science, 76(3), C512-C518.
- [33] **El Ouariachi, E.M., Paolini, J., Bouyanzer, A., Tomi, P., Hammouti, B., Salghi, R., Majidi, L., & Costa, J. (2011).** Chemical composition and antioxidant activity of essential oils and solvent extracts of *Thymus capitatus* (L.) Hoffmanns and link from Morocco. Journal of Medicinal Plants Research, 5(24), 5773-5778.
- [34] **Saadaoui, B., Bekir, J., Akrouf, J., Ammar, S., Mahjoub, A., & Mars, M. (2007).** Etude de la composition et du pouvoir antioxydant des composés phénoliques de quelques espèces végétales de l'aride tunisien. Revue des régions arides, 87-92.
- [35] **Bozec.A. (2010).** Veille sur les different matériaux d'emballage.Rapport d'etude institute du poc.
- [36] **Gontard N., Guilbert S., Cuq J.L. (1992).** Edible wheat gluten films : influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. J.Food Sci 57,190-195.
- [37] **Debeaufort F. (1994).** Etude des Transferts de Matière au Travers de Films d'emballages –Perméation de l'eau et de substances d'arôme en relation avec les propriétés physicochimiques de films comestibles. Thèse de doctorat, ENSBANA, Université deBourgogne, France.

Références bibliographiques

- [38] **Debeaufort F ; Quezada-Gallo J.A ; Voilley A. (1998).** Edible film and coating: tomorrow's packaging : a review. *Cri. Rev.Food Sci*; **38(4)**, 299-313.
- [39] **Gontard N. (1991).** Films et enrobages comestibles : étude et amélioration des propriétés filmogènes du gluten. Thèse de doctorat, Université de Montpellier.
- [40] **Guilbert, S., Cuq, B. (1998).** Les Films et Enrobages Comestibles. In : L'emballage des denrées alimentaires de grande consommation ; Multon J.L., Bureau G. (Eds.), Technique & Documentation, Lavoisier, Paris, 472-530.
- [41] **Guilbert S. (1986).** Technology and application of edible protective films. In : Food Packaging and Preservation, theory and practice. Mathlouthi, M., Ed.; Elsevier Applied Science, London, U.K., 371-394.
- [42] **Kester J.J., Fennema O.R. (1986).** Edible films and coatings: a review. *Food Technol.*, 48, 47-59.
- [43] **Guilbert S., Graille J. (1994).** Biomatériaux et molécules fonctionnelles. In Valorisations Non-Alimentaires des Grandes Productions Agricoles. Les colloques, INRA, Gueguen J, (Ed.) Paris, 195-206.
- [44] **BELYAMANI, I. and F. PROCHAZKA, (2011).** Développement d'un matériau thermoplastique, biodégradable et hydrosoluble à base d'une protéine du lait in Chimie et science des matériaux. Université Jean Monnet: France.
- [45] **Hoque, M.S., S. Benjakul, and T. Prodpran,(2011)** Properties of film from cuttlefish (*Sepiapharaonis*) skin gelatin incorporated with cinnamon, clove and star anise extracts. *Food Hydrocolloids*, 25(5), 1085-1097.
- [46] **Jongjareonrak, A., et al., (2006).** Characterization of edible films from skin gelatin of brownstripe red snapper and bigeye snapper. *Food Hydrocolloids*,. 20(4), 492-501.
- [47] **Limpisophon, K., M. Tanaka, and K. Osako,(2010).** Characterisation of gelatin-fatty acid emulsion films based on blue shark (*Prionace glauca*) skin gelatin. *Food Chemistry*,. 122(4), 1095-1101.

Références bibliographiques

- [48] **Tongnuanchan, P., S. Benjakul, and T. Prodpran,(2014)** Structural, morphological and thermal behaviour characterisations of fish gelatin film incorporated with basil and citronella essential oils as affected by surfactants. *Food Hydrocolloids*, 41, 33-43.
- [49] **Gennadios A., Weller C.L., Gooding C.H. (1994).** Measurement errors in water vapor permeability of highly permeable hydrophilic edible films. *J. Food Engin.* 21, 395-409.
- [50] **Stuchell Y.M., Krochta J.M. (1994).** Enzymatic treatments and thermal effects on edible soy protein films. *J. of Food Sci.* 59(6), 1332-1337.
- [51] **Nisperos-Carriedo M.O. (1994).** Edible coatings and films based on polysaccharides. In : *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality.* Krochta J.M., Baldwin E.A., NisperosCarriedo M.O. (Eds.) Technomic Publishing Compagny, Lancaster, 305-3
- [52] **Grosso, D., de AA Soler Illia, G. J., Babonneau, F., Sanchez, C., Albouy, P. A., Brunet Bruneau, A., & Balkenende, A. R. (2001).** Highly organized mesoporous titaniathin films showing mono-oriented 2D hexagonal channels. *Advanced Materials*, 13(14), 1085-1090.
- [53] **Gennadios A., Weller C.L., Hanna M.A., Froning, G.W. (1996).** Mechanical and barrier properties of egg albumen films. *J. Food Sci.*, 61(3), 585-589.
- [54] **Pérez-Gago M.B., Krochta J.M. (2001).** Lipid particle size effect on water vapor permeability and mechanical properties of whey protein/beeswax emulsion films. *J.Agric. Food Chem.*, 49(2), 996-1002
- [55] **Avena-Bustillos R.J., Krochta J.M., Saltveit M.E., Rojas-Villegas R.J., Saucedo-Perez J.A. (1994).** Optimization of edible coating formulations on zucchini to reduce water loss. *J.Food Engr.*, 21, 197-214.
- [56] **Krochta J.M., DeMulder-Johnston C. (1997).** Edible and biodegradable polymer Films: challenges and opportunities. *Food Technol.*, 51, 61-74. Les alginates

Références bibliographiques

- [57] **Torres J.A., Karel M. (1985).** Microbial stabilization of intermediate moisture foodsurfaces. III. Effects of surface preservative concentration and surface pH control on microbial stability of an intermediate moisture cheese analog. *J. Food Process. Preserv.*, 9,107-119.
- [58] **Kačuráková, M., & Mathlouthi, M. (1996).** FTIR and laser-Raman spectra of oligosaccharides in water: characterization of the glycosidic bond. *Carbohydrate research*, 284(2), 145-157
- [59] **Holgate, S. T., Samet, J. M., Koren, H. S., & Maynard, R. L. (1999).** Air pollution and health
- [60] **Baldwin E.A., Nisperos-Carriedo M.O., Baker R.A. (1995).** Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products. *Crit. Rev. Food Sci.* 35(6), 509-524.
- [61] **Petersen K., Nielsen P.V., Bertelsen G., Lawther M., Olsen M.B., Nilsson N.H., Mortensen G. (1999).** Potential of biobased materials for food packaging. *Trends Food Sci. Tech.*, 10, 52-68.
- [62] **Greener I., Fennema O. (1992).** Lipid-based edible films and coatings. *Lipid.Technol.*, 40, 34-38.
- [63] **Hernandez E. (1994).** Edible coatings from lipids and resins. In : *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality.* Krochta J.M., Baldwin E.A., Nisperos-Carriedo M.O. Technomic Publishing Company, Lancaster, 279-304.
- [64] **Hardenburg R.E. (1967).** Wax and related coatings for horticultural products. A bibliography. *Agricultural Research Service Bulletin, USDA, Washington*, 51-66.
- [65] **Wills R.B.H, Scott K.J., Kopkirk G. (1977).** Reduction of soft scald in apples with methyl linoleate. *Hort Sci*, 1, 72-84.
- [66] **Kester J.J., Fennema O.R. (1986).** Edible films and coatings : a review. *Food Technol.*,

48, 47-59.

[67] **Lindstrom T.H., Morimoto K., Cante C.J. (1992)**. Edible films and coatings. In Encyclopedia of Food Science and Technology. Hui Y.H., (Ed.) Wiley Interscience Publication, New York, 2, 659-663

[68] **Landmann W., Lovegren N.V., Feuge R.O. (1960)**. Permeability of some fat products to moisture. JAOC. 37, 1-4.

[69] **Kamper S.L., Fennema O. (1984a)** Water vapor permeability of edible bilayer films. J. Food Sci., 49, 1478-1481.

[70] **Martin-Polo M.O., Mauguin C., Voilley A. (1992a)**. Hydrophobic Films and Their Efficiency against Moisture Transfer. 1. Influence of the Film Preparation Technique. J. Agric. Food Chem., 40(3), 407-412.

[71] **Martin-Polo M.O., Mauguin C., Voilley A. (1992b)**. Hydrophobic films and their efficiency against moisture transfer. 2. Influence of the physical state. J. Agric. Food Chem., 40(3), 413- 418.

[72] **Debeaufort F. (1994)**. Etude des Transferts de Matière au Travers de Films d'emballages – Perméation de l'eau et de substances d'arôme en relation avec les propriétés physicochimiques de films comestibles. Thèse de doctorat, ENSBANA, Université de Bourgogne, France.

[73] **Quezada-Gallo J.A., Debeaufort F. Callegarin F., Voilley A. (2000)**. Lipid hydrophobicity, physical state and distribution effects on the properties of emulsified based edible films. J. Membr. Sci., 4678, 1-10.

[74] **Stuchell Y.M., Krochta J.M. (1995)**. Edible coatings on frozen king salmon : effect of whey protein isolate and acetylated monoglycerides on moisture loss and lipid oxidation. J. Food Sci., 60, 28-31.

[75] **Gontard, N. and S. Guilbert**, Bioemballage: technologies et propriétés de matériaux

Références bibliographiques

comestibles et/ou biodégradable d'origine agricole., in Emballage et Conservation des Produits Alimentaires, M. Mathlouti, Editor. 1996, Polytechnica: Paris,181-208.

[76] **Banker, G.S.**, FILM COATING THEORY AND PRACTICE. Journal of Pharmaceutical Sciences, 1966. 55(1), 81

[77] **Arvanitoyannis, I. and C.G.(1998)** .Biliaderis, Physical properties of polyol-plasticized edible films made from sodium caseinate and soluble starch blends. Food Chemistry,. 62(3), 333- 342.

[78] **Arvanitoyannis, I., E. Psomiadou, and A. Nakayama, (1996)**. Edible films made from sodium caseinate, starches, sugars or glycerol .1. Carbohydrate Polymers, 31(4), 179-192
chitosane/gélatine

[79] **B. Jasse , A.M.S., M.(1996)** .Mathlouthi, Perméabilité et structure dans les matériaux d'emballage polymères, in Emballage et conservation des produits alimentaires, M. Mathlouthi, Editor., Polytechnica. , 1-24.

[80] **Khwalidia, K., et al.(2004)**. Milk proteins for edible films and coatings. Critical Reviews in Food Science and Nutrition,. 44(4), 239-251.

[81] **Debeaufort, F., J.A. Quezada-Gallo, and A. Voilley,(1998)**. Edible films and coatings: Tomorrow's packagings: A review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 38(4), 299-313

[82] **Miller, K.S. and J.M.(1997)**. Krochta, Oxygen and aroma barrier properties of edible films: A review. Trends in Food Science & Technology, 8(7),. 228-237.

[83] **Frederic Debeaufort, J.-A.Q.-G., and Andree Voilley**, Edible films and coatings as aroma barriers, in Protein-Based Films and Coatings, A. Gennadios, Editor. 2002, CRC Press

[84] **Olivas, G.I. and G.V.(2005)**. Barbosa-Canovas, Edible coatings for fresh-cut fruits. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 45(7-8), 657-670.

[85] **Han, J.H., (2002)**.Protein-based edible films and coatings carrying antimicrobial agents, in ProteinBased Films and Coatings, A. Gennadios, Editor., CRC Press

Références bibliographiques

- [86] **Baldwin, E.A., M.O. Nisperoscarriedo,** and R.A. Baker, USE OF EDIBLE COATINGS TO PRESERVE QUALITY OF LIGHTLY (AND SLIGHTLY) PROCESSED PRODUCTS. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1995. 35(6): p. 509-524
- [87] **Krochta, J.M.,** Proteins as raw materials for films and coatings: definitions, current status and opportunities, in *Protein-based films and coatings*. 2002. p. 1-41.
- [88] **Peyron, A.,** L''enrobage et les produits filmogènes : un nouveau mode d''emballage. *Viandes et produits carnés*, 1991. 12(2): p. 41-46
- [89] **Han, J.H.,** Antimicrobial packaging systems, in *Innovations in food packaging*, J.H. Han, Editor. 2005, Elsevier. p. 80-107.
- [90] **Quintavalla, S., & Vicini, L. (2002).** Antimicrobial food packaging in meat industry. *Meat science*, 62(3), 373-380.
- [91] **Appendini, P., & Hotchkiss, J. H. (2002).** Review of antimicrobial food packaging. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3(2), 113-126.
- [92] **Vermeiren, L., Devlieghere, F., van Beest, M., de Kruijf, N., & Debevere, J. (1999).** Developments in the active packaging of foods. *Trends in food science & technology*, 10(3), 77-86.
- [93] **Álvarez, M. F. (2000).** Revisión: Envasado activo de los alimentos/Review: Active food packaging. *Food Science and Technology International*, 6(2), 97-108
- [94] **Del Nobile, M. A., Conte, A., Buonocore, G. G., Incoronato, A. L., Massaro, A., & Panza, O. (2009).** Active packaging by extrusion processing of recyclable and biodegradable polymers. *Journal of Food Engineering*, 93(1), 1-6
- [93] **López-de-Dicastillo, C., Catalá, R., Gavara, R., & Hernández-Muñoz, P. (2011).** Food applications of active packaging EVOH films containing cyclodextrins for the preferential scavenging of undesirable compounds. *Journal of Food Engineering*, 104(3), 380-386.
- [94] **Ribeiro-Santos, R., Andrade, M., de Melo, N. R., & Sanches-Silva, A. (2017).** Use of essential oils in active food packaging: Recent advances and future trends. *Trends in food science & technology*, 61, 132-140.

Références bibliographiques

- [95] **Jamshidian, M. (2011)**. Inclusion et libération de molécules antioxydantes dans un emballage à base d'Acide Poly Lactique en contact alimentaire ;Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Lorraine.
- [96] **Yucel, U. (2015)**. Intelligent Packaging.
- [96] **Appendini, P., & Hotchkiss, J. H. (2002)**. Review of antimicrobial food packaging. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3(2), 113-126
- [97] **Wilson, C. L. (2007)**. Intelligent and active packaging for fruits and vegetables. CRC Press
- [98] **Fang, Z., Zhao, Y., Warner, R. D., & Johnson, S. K. (2017)**. Active and intelligent packaging in meat industry. *Trends in Food Science & Technology*, 61, 60-71
- [99] **Majid, I., Nayik, G. A., Dar, S. M., & Nanda, V. (2016)**. Novel food packaging technologies: Innovations and future prospective. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*.
- [100] **Robertson, G. L. (2006)**. Modified atmosphere packaging. *Food packaging—principles and practice*, Second edition. CRC Press, Florida
- [101] **Jamshidian, M., Tehrany, E. A., Imran, M., Akhtar, M. J., Cleymand, F., & Desobry, S. (2012)**. Structural, mechanical and barrier properties of active PLA–antioxidant films. *Journal of Food Engineering*, 110(3), 380-389.
- [102] **Samsudin, H., Soto-Valdez, H., & Auras, R. (2014)**. Poly (lactic acid) film incorporated with marigold flower extract (*Tagetes erecta*) intended for fatty-food application. *Food Control*, 46, 55-66.
- [103] **Han, J. H. (2000)**. Antimicrobial Food Packaging. *Food Technology*, 54(3), 56–65.
- [104] **Appendini, P., & Hotchkiss, J. H. (2002)**. Review of antimicrobial food packaging. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3(2), 113-126.
- [105] **Halek, G. W., & GARG, A. (1988)**. Fungal inhibition by a fungicide coupled to an ionomeric film. *Journal of food safety*, 9(3), 215-222

Références bibliographiques

- [106] **Ouattara, B., Simard, R. E., Piette, G., Be'gin, A., & Holley, R. A. (2000b).** Inhibition of surface spoilage bacteria in processed meats by application of antimicrobial films prepared with chitosan. *International Journal of Food Microbiology*, 62, 139–148.
- [107] **Weng, Y. M., & Chen, M. J. (1997).** Sorbic anhydride as antimycotic additive in polyethylene food packaging films. *Food Science & Technology*, 30, 485–487.
- [108] **Weng, Y. M., & Hotchkiss, J. H. (1993).** Anhydrides as antimycotic agents added to polyethylene films for food packaging. *Packaging Technology & Science*, 6, 123–128.
- [109] **Chen, M.-C., Yeh, G. H.-C., & Chiang, B.-H. (1996).** Antimicrobial and physicochemical properties of methylcellulose and chitosan films containing a preservative. *Journal of Food Processing and Preservation*, 20, 379–390.
- [110] **Ouattara, B., Simard, R. E., Piette, G., Be'gin, A., & Holley, R. A. (2000a).** Diffusion of acetic and propionic acids from chitosan-based antimicrobial packaging films. *Journal of Food Science*, 65(5), 768–773.
- [111] **Fortunati, E., Armentano, I., Zhou, Q., Iannoni, A., Saino, E., Visai, L., & Kenny, J. M. (2012).** Multifunctional bionanocomposite films of poly (lactic acid), cellulose nanocrystals and silver nanoparticles. *Carbohydrate polymers*, 87(2), 1596-1605.
- [112] **Siragusa, G. R., & Dickinson, J. S. (1992).** Inhibition of *Listeria monocytogenes* on beef tissue by application of organic acids immobilized in a calcium gel. *Journal of Food Science*, 57, 293–296.
- [113] **Field, C. E., Pivarnik, L. F., Barnett, S. M., & Rand Jr, A. G. (1986).** Utilization of glucose oxidase for extending the shelf-life of fish. *Journal of Food Science*, 51(1), 66-70.
- [114] **Gómez-Estaca, J., Lopez-de-Dicastillo, C., Hernández-Muñoz, P., Catalá, R., & Gavara, R. (2014).** Advances in antioxidant active food packaging. *Trends in Food Science & Technology*, 35(1), 42-51.
- [115] **Pineros-Hernandez, D., Medina-Jaramillo, C., López-Córdoba, A., & Goyanes, S. (2017).** Edible cassava starch films carrying rosemary antioxidant extracts for potential use as active food packaging. *Food Hydrocolloids*, 63, 488-495.

Références bibliographiques

- [116] **Ito, N., Hirose, M., Fukushima, S., Tsuda, H., Shirai, T., & Tatematsu, M. (1986).** Studies on antioxidants: their carcinogenic and modifying effects on chemical carcinogenesis. *Food and Chemical Toxicology*, 24,10-11, 1071-1082.
- [117] **Conner, D. E. (1993).** Naturally occurring compounds. *Antimicrobials in foods*, 441-468.
- [118] **Nychas, G. J. E. (1995).** Natural antimicrobials from plants. In *New methods of food preservation* 58-89. Springer, Boston, MA.
- [119] **Persico, P., Ambrogi, V., Carfagna, C., Cerruti, P., Ferrocino, I., & Mauriello, G. (2009).** Nanocomposite polymer films containing carvacrol for antimicrobial active packaging. *Polymer Engineering & Science*, 49(7), 1447-1455.
- [120] **Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008).** Quintavalla, S., & Vicini, L. (2002). Antimicrobial food packaging in meat industry. *Meat science*, 62(3), 373-380. Biological effects of essential oils—a review. *Food and chemical toxicology*, 46(2), 446-475.
- [122] **Quintavalla, S., & Vicini, L. (2002).** Antimicrobial food packaging in meat industry. *Meat science*, 62(3), 373-380
- [123] **Linin, Kombaya Touckia, and Erland Modeste. (2019).** Conception, élaboration et caractérisation d’emballages actifs absorbeurs d’O₂. Diss. Montpellier,
- [124] **Moudache, M., Nerín, C., Colon, M., & Zaidi, F. (2017).** Antioxidant effect of an innovative active plastic film containing olive leaves extract on fresh pork meat and its evaluation by Raman spectroscopy. *Food Chemistry*, 229, 98-103
- [125] **Messaudene A.(2018).** Utilisation de l’extrait de *Moringa oleifera* dans un emballage comestible ; mémoire 18-20.

Résumé

L'emballage alimentaire mérite aujourd'hui une mobilisation de tous les acteurs pour faire évoluer les matériaux et les technologies vers des solutions plus respectueuses à la fois de l'environnement et du consommateur

L'emballage comestible est un emballage qui réponds aux besoins du consommateur (aspect) et au même temps à ceux de l'environnement dans la mesure que il est consommable au même temps que le produit.

Les emballages passifs ont quatre fonctions principales : la sécurité des aliments, la protection, la praticité et la communication tandis que les emballages actifs offrent une protection active libérant en permanence des composés actifs tels que des antioxydants, des agents antimicrobiens, des enzymes, des arômes et des produits nutraceutiques. Les emballages actifs par leur concept innovant et en raison de leurs interactions avec l'emballage, l'aliment et l'environnement, augmentent la durée de conservation des aliments, préservent les saveurs, et réduisent les teneurs en additifs et conservateurs dans des formulations alimentaires tout en préservant la qualité du produit.

Mots clés : Emballage actif, emballage comestible, conservation des aliments

Abstract

Food packaging today deserves the mobilization of all stakeholders to develop materials and technologies towards solutions that are more respectful of both the environment and the consumer.

Edible packaging that meets the needs of the consumer (appearance) and at the same times those of the environment to the extent that it is consumable at the same time as the product.

Passive packaging has four main functions: food safety, protection, convenience and communication while active packaging provides active protection continuously releasing active compounds such as antioxidants, antimicrobials, enzymes, flavors and nutraceuticals. Active packaging, through their innovative concept and due to their interactions with packaging, food and the environment, increase the shelf life of food, preserve flavors, and reduce the content of additives and preservatives in food formulation. While preserving the quality of the product.

Key words: Active packaging, Edible packaging, Food conservation.

يستحق تغليف المواد الغذائية اليوم حشد جميع أصحاب المصلحة لتطوير المواد والتقنيات نحو حلول أكثر احترامًا لكل من البيئة والمستهلك

العبوات الصالحة للأكل هي عبوات تلبي احتياجات المستهلك (المظهر) وفي نفس الوقت احتياجات البيئة إلى الحد الذي يمكن فيه استهلاك المنتج في نفس الوقت.

تحتوي العبوة السلبية على أربع وظائف رئيسية: سلامة الأغذية والحماية والراحة والتواصل بينما توفر

التعبئة النشطة حماية نشطة تطلق باستمرار مركبات نشطة مثل مضادات الأكسدة ومضادات الميكروبات والإنزيمات والنكهات والمغذيات. التعبئة الفعالة ، من خلال مفهومها المبتكر وتفاعلها مع التعبئة والتغليف والغذاء والبيئة ، تزيد من

العمر الافتراضي للأغذية ، وتحافظ على النكهات ، وتقلل من محتوى المواد المضافة والمواد الحافظة في التركيبات الغذائية مع الحفاظ على جودة المنتج.

