

PROJET Alcotra n° 1733

ESSICA

WP3.1.4 Étude
préliminaire visant à
identifier des
techniques et des
matériaux innovants
pour le
conditionnement et la
conservation des
herbes aromatiques
séchées

12/01/2018

RÉFÉRENCE : Projet ESSICA

Date : 12 janvier 2018

CLIENT : Associazione Terre dei Savoia

Étude préliminaire visant à identifier des techniques et des matériaux innovants pour le conditionnement et la conservation des herbes aromatiques séchées



Étude menée par MIAC S.c.p.a. - Polo AGRIFOOD

Via G.B. Conte 19, 12025 Dronero (CN) Italie

Personne de référence technique : Dario Vallauri, PhD

dario.vallauri@poloagrifood.it

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION.....	3
1.1. PRODUCTION DE PLANTES MÉDICINALES EN ITALIE.....	3
1.2. PRODUCTION DE PLANTES MÉDICINALES EN PIEDMONT	4
1.3. RÉCOLTE	5
1.4. LAVAGE.....	5
1.5. TRAITEMENT ET SÉCHAGE.....	6
1.6. CONSERVATION.....	6
2. EMBALLAGE ET SYSTÈMES DE CONDITIONNEMENT POUR HERBES AROMATIQUES.....	7
2.1. RÔLE DE L'EMBALLAGE.....	7
2.2. FACTEURS CRITIQUES POUR LA DÉFINITION DE L'EMBALLAGE.....	8
2.2.1. Composition de la fraction volatile des herbes aromatiques et facteurs exogènes critiques	9
2.3. PROPRIÉTÉS BARRIÈRES DES EMBALLAGES.....	10
2.4. TYPES DE MATÉRIAUX UTILISABLES	13
2.4.1. Papier et carton.....	13
2.4.2. Aluminium.....	13
2.4.3. Films cellulosiques	13
2.4.4. Polypropylène orienté	13
2.4.5. PET.....	14
2.4.6. LDPE	14
2.4.7. HDPE.....	14
2.4.8. Film multi-couche	14
Films revêtus (Coating films)	14
Films laminés	14
Films co-extrudés.....	15
2.4.9. Films biodégradables	15
2.5. SYSTÈMES DE CONDITIONNEMENT.....	16
2.5.1. Emballeuse Flow Pack verticale	17
2.5.2. Emballeuse Flow Pack horizontale.....	18

2.5.3.	Thermosoudeuse	19
2.5.4.	Emballeuses à cloche	20
2.6.	CONDITIONNEMENT SOUS ATMOSPHERE MODIFIEE	20
2.7.	NOTIONS SUR LE CADRE LEGISLATIF POUR LES MATIERES PLASTIQUES EN CONTACT AVEC LES DENREES ALIMENTAIRES.....	21
3.	MATERIAUX D'EMBALLAGE IDENTIFIES POUR LES ESSAIS	23
3.1.	MATERIAUX D'EMBALLAGE POUR MACHINES FLOW PACK.....	23
3.1.1.	Films non biodégradables transparents	24
3.1.2.	Films non-biodégradables métallisés.....	27
3.1.3.	Films biodégradables transparents.....	28
3.1.4.	Films biodégradables métallisés	30
3.1.5.	Analyse des coûts.....	32
3.1.6.	Emballage secondaire avec étuis en carton.....	33
3.1.7.	Barquettes pour emballeuse flow pack horizontale.....	33
3.2.	MATERIAUX D'EMBALLAGE POUR THERMOSOUDEUSES (OU THERMOSCELLEUSES).....	34
3.3.	MATERIAUX D'EMBALLAGE POUR EMBALLEUSES À CLOCHE	35
3.4.	COMPARAISON ENTRE LES SYSTEMES DE CONDITIONNEMENT IDENTIFIES	36
3.5.	EMBALLAGES ACTUELLEMENT UTILISES POUR LES HERBES AROMATIQUES SECHEES	39
4.	CONCLUSIONS.....	40
5.	BIBLIOGRAPHIE	41

1. INTRODUCTION

1.1. PRODUCTION DE PLANTES MÉDICINALES EN ITALIE

La culture des plantes médicinales est assez récente et en pleine croissance. La production de plantes médicinales en plein champ ne date certainement pas de plus d'un siècle. Récemment, elle a connu une forte croissance grâce à d'importants développements du marché.

La culture des plantes médicinales ne se prête pas à une description agronomique univoque, avec les critères de l'économie classique (herbages de plein champ, plantes ligneuses, fruitières, etc.). Cependant, cela présente de nombreuses similitudes avec la culture horticole en plein champ, c'est-à-dire un système de culture assez intensif, qui implique la plantation, des traitements culturaux fréquents et une ou plusieurs récoltes pendant le cycle de développement des cultures dans la saison de production. La culture des plantes médicinales est plus rarement similaire au cycle de culture typique des céréales ou du fourrage, où le semis et la récolte sont les seules pratiques saillantes. Enfin, il y a des espèces ligneuses, arbustives, forestières ou d'autres espèces pérennes qui sont cultivées dans des systèmes non intensifs et qui sont difficiles à encadrer dans le système agronomique traditionnel (par exemple, le ginkgo, l'aubépine, le romarin, la gentiane, etc.). Les notions techniques et agronomiques dans toutes les étapes du processus de culture, en particulier la qualité variétale, le matériel de multiplication, la nutrition, la défense, la récolte et la post-récolte, sont rares pour la plupart des espèces. Pour une gamme limitée d'espèces, dont la menthe poivrée, la passiflore, l'absinthe douce, le pissenlit, l'échinacée, la mélisse, l'origan, la sauge et la camomille, il existe une pratique agronomique bien établie qui permet leur production dans un contexte compétitif et avancé [1].

Une liste actualisée des espèces médicinales utilisées en Italie a été rédigée au mois de juin 2013 par l'ISMEA (Osservatorio economico del settore delle piante officinali - Observatoire économique du secteur des plantes médicinales) en partant des milliers de plantes médicinales, aromatiques et d'assaisonnement utilisées dans le monde entier.

La liste comprend un peu moins de 300 espèces de plantes médicinales d'intérêt majeur pour le marché national, y compris celles d'origine étrangère, ventilées par habitat, zone de production, principales utilisations et parties de plante utilisées.

En ce qui concerne la discrimination entre espèces cultivées et espèces sauvages, sur les 296 espèces étudiées, 160 espèces sont cultivées (54 %), 73 espèces sont spontanées (25 %) et les 63 espèces restantes sont à la fois cultivées et récoltées en nature (21 %).

Sur les 296 espèces étudiées, 142, soit 48 % du total, sont cultivées ou cultivables dans notre pays.

Outre la myrtille noire et le safran, la vigne rouge, le ginkgo biloba, le chardon-marie, la passiflore, la camomille, la gentiane et la valériane sont les principales espèces cultivables (et en partie déjà cultivées) en Italie. Parmi ces dernières, seule la passiflore est cultivée sur des superficies et en quantités compatibles avec les exigences nationales.

1.2. PRODUCTION DE PLANTES MÉDICINALES EN PIEDMONT

Le secteur des plantes médicinales dans notre pays présente un intérêt économique croissant, principalement en raison de la demande accrue de produits contenant des ingrédients dérivés des plantes aromatiques, ainsi que du désir de redécouvrir de vieilles traditions et des soins anciens. La culture de ce type de plantes est une niche dans le scénario national de production agricole.

Les premières données du recensement agricole de 2010 fournissent les résultats provisoires suivants pour l'UE : 120 mille hectares investis par 19 128 entreprises. Pour l'Italie, les chiffres définitifs indiquent 2 938 exploitations et 7 191 hectares investis. Par rapport à l'année 2000, le nombre d'exploitations agricoles a diminué, mais la superficie totale a augmenté. La superficie moyenne par exploitation passe ainsi de 0,55 à 2,45 hectares [2].

En 2004, la Région Piémont, en collaboration avec la Faculté d'agriculture de l'Université de Turin, a mené une recherche de 3 ans pour analyser cette réalité en termes d'informations culturelles, sociales, environnementales, de marketing et de distribution.

La province ayant le plus grand nombre d'entreprises était Turin, avec 62 entreprises actives, suivie de la province de Cuneo avec 48. Les autres provinces ont un nombre beaucoup plus restreint d'entreprises cultivant des plantes médicinales ; on passe de 16 à Alessandria à 7 à Asti et aucune exploitation à Vercelli. Sur les 140 entreprises interrogées, 51 ont déclaré avoir une adresse de production principalement médicinale.

TABELLA COLTIVAZIONI UFFICIALI ANNO 2000			
Provincia	N°aziende	Superficie (HA)	%
Cuneo	48	280,66	46,19
Torino	62	259,99	42,78
Alessandria	16	26,8	4,41
Biella	2	25,5	4,2
Asti	7	10,56	1,74
Verbania	4	2,15	0,35
Novara	1	2	0,33
Vercelli	0	0	0
Totale	140	607,66	100

TABELLA COLTIVAZIONI UFFICIALI ANNO 2010			
Provincia	N°aziende	Superficie (HA)	%
Cuneo	163	463,52	44,40
Torino	111	274,52	26,29
Alessandria	162	266,34	25,51
Asti	42	18,18	1,74
Biella	6	19,73	1,89
Verbania	5	0,16	0,02
Vercelli	3	1,00	0,09
Novara	4	0,59	0,06
Totale	496	1044,04	100,00

Si l'on compare les chiffres de 2010 à ceux de l'an 2000, on constate qu'en une décennie, le nombre total d'exploitations agricoles a plus que triplé, en passant de 140 à 496, avec une superficie cultivée qui a presque doublé. On peut voir que les provinces de Cuneo et Alessandria, au détriment de Turin, se disputent à présent la primauté du nombre d'entreprises.

Enfin, il convient de mentionner l'entrée dans le secteur de la province de Vercelli, avec 5 entreprises, et Asti, qui multiplie par six le nombre d'activités, en confirmant ainsi la quatrième position détectée en 2000.

En ce qui concerne la superficie des terres, en 2000, la province de Cuneo occupait la première place, avec environ 280 HA cultivés comme plantes médicinales, contre 260 HA dans la province de

Turin. La province d'Asti, avec ses quelques 11 HA, était la cinquième quant à la superficie cultivée avec des plantes médicinales. En 2010, la province de Cuneo occupait toujours la première place, avec environ 460 HA cultivés avec des plantes médicinales, contre 275 HA dans la province de Turin. Il y a également une nette augmentation de la superficie cultivée à Alessandria, qui s'élève à 266 HA.

1.3. RÉCOLTE

Les plantes sont récoltées dans le champ vertes, en floraison ou à la maturation des parties. Dans tous les cas, à quelques rares exceptions près, c'est un produit qui contient des pourcentages variables d'eau de végétation et ne peut donc être ni conservé ni transporté, sauf à courte distance. La récolte peut être manuelle ou mécanisée, selon le type de culture et les caractéristiques de l'exploitation. Une fois récolté, le matériau lui-même a une courte durée de vie, de quelques heures à un maximum d'une demi-journée, et nécessite une transformation ou une stabilisation immédiate. La récolte se fait à l'aide de tondeuses, faucheuses-ramasseuse, moissonneuses-lieuses, etc. Des machines ad hoc ont été développées plus rarement, comme la machine à camomille (il existe un prototype italien et le reste est fabriqué à l'étranger) ou pour la lavande (de fabrication française ou bulgare). Les racines sont récoltées par des machines dérivées de la culture des betteraves ou des pommes de terre [1].

1.4. LAVAGE

Le lavage des herbes ou de leurs parties n'est pas une pratique de traitement courante. En effet, seules les herbes cultivées pour la consommation fraîche (herbes aromatiques telles que le basilic, le persil, etc.) sont lavées. Les racines ou similaires sont également lavées, car en raison du contact avec le sol, elles sont sales lors de la récolte. Dans ce dernier cas, le type de terrain influe lui-aussi sur la pratique et en effet, certaines racines cultivées dans des sols sablonneux peuvent être traitées dans les phases suivantes avec un nettoyage mécanique et sans utilisation d'eau.

Le lavage des plantes pour le séchage n'est généralement pas effectué. Habituellement, il est même déconseillé car l'eau fournie, et qui reste dans le matériau, doit éventuellement être enlevée par le processus de séchage, ce qui le rend beaucoup plus cher et coûteux. En outre, le lavage, qui a des effets hygiéniques relatifs lorsqu'il est effectué avec de l'eau seulement, rend le matériau beaucoup plus sensible aux processus de fermentation.

Le lavage se fait avec des laveuses avec paniers rotatifs (parfois servant également de centrifugeuses) ou des laveuses pour fruits et légumes avec les modifications appropriées [1].

1.5. TRAITEMENT ET SÉCHAGE

Le séchage est un processus de stabilisation qui consiste à retirer l'eau des tissus des plantes. Le séchage n'altère pas sensiblement la composition chimique de la plante, à l'exception de certaines substances hautement volatiles, qui peuvent être perdues. Le produit sec est stable pour une teneur en eau inférieure à 12,5 %, mais selon la plante et les caractéristiques, il peut y avoir une humidité de stockage légèrement supérieure (jusqu'à 15 %) ou inférieure (moins de 10 %). L'humidité de stockage influe sur la durabilité de la matière première, mais aussi sur sa manipulation et son caractère poussiéreux. Le séchage peut se faire naturellement ou artificiellement.

Le séchage naturel se fait à l'air, partiellement au soleil, ou plus souvent à l'ombre pour éviter de perdre la couleur des plantes. Le séchage naturel est la méthode de séchage la plus répandue au monde dans les climats chauds et secs, ainsi que dans les régions méditerranéennes. Dans les systèmes industriels ou dans les climats continentaux humides, ce processus a toujours été réalisé dans des séchoirs.

Le séchage artificiel est une méthode plus efficace que le séchage naturel, qui est nécessaire pour faire face aux productions industrielles. Il permet un séchage rapide (48-60 heures) d'une grande quantité de matériau, mais toujours à basse température, en dessous de 50°C. C'est un système très onéreux du point de vue énergétique et économique, qui représente jusqu'à 50 % du coût de production des plantes sèches. Le principe consiste à sécher les eaux de végétation avec un flux forcé d'air sec, qui passe à travers la biomasse répartie sur de grandes surfaces, sur un ou plusieurs niveaux. Le système le plus simple est le séchage en flux libre, où l'air séché, par la chaleur ou un système de déshumidification, est soufflé à travers la biomasse verte jusqu'à ce qu'elle soit séchée. L'air contenant l'humidité éliminée par la biomasse est ensuite dispersé dans l'atmosphère sans aucun contrôle du procédé. Dans les systèmes les plus modernes et efficaces, l'air séché est par contre recyclé jusqu'à saturation, puis séché à nouveau ou expulsé en fonction du fait qu'il soit en circuit fermé ou semi-fermé [1].

Les épices et les herbes aromatiques doivent être préparées à l'aide de machines de coupe et de broyage ou des moulins broyeur. Les parties étrangères (mauvaises herbes, parties inorganiques, parties en bois) ne doivent pas dépasser la quantité maximale de 2 g/100 g dans le produit d'herboristerie. La quantité de tige ne doit pas dépasser la quantité maximale de 3 g/100 g. Les herbes séchées ou emballées doivent être congelées à -18°C pendant au moins 48 heures, pour neutraliser toute larve ou tout œuf d'insecte [3].

1.6. CONSERVATION

La plupart des herbes médicinales sont commercialisées sous forme déshydratée, car l'humidité élevée entraînerait une détérioration rapide. Les changements dans la fraction volatile des herbes dépendent de plusieurs facteurs tels que les méthodes de séchage utilisées, les caractéristiques biologiques des plantes et leur composition volatile initiale.

Afin d'assurer une conservation optimale, les épices et les herbes aromatiques doivent être stockées dans des endroits secs et sombres, à une température ne dépassant pas 20°C. L'humidité relative de l'air ne doit pas dépasser 60 %. Les récipients utilisés doivent être appropriés pour l'emploi en contact avec les denrées alimentaires. L'entrepôt doit être exempt de ravageurs et d'organismes nuisibles (insectes, araignées et animaux vertébrés) [3].

2. EMBALLAGE ET SYSTÈMES DE CONDITIONNEMENT POUR HERBES AROMATIQUES

2.1. RÔLE DE L'EMBALLAGE

L'emballage joue un rôle important dans les phases de préparation et de commercialisation du produit.

En effet, la production veut disposer d'emballages appropriés et économiques, ainsi que de systèmes de conditionnement contribuant à rationaliser le cycle de production. La distribution pour sa part demande que l'emballage prolonge la durée de vie du produit, facilite sa manipulation et favorise son succès commercial. Enfin, les consommateurs finaux souhaitent que l'emballage garantisse la qualité des aliments, exigent praticité et commodité de l'emballage, ainsi qu'attention et protection de l'environnement.

Les fonctions de l'emballage sont vraiment nombreuses, on peut citer en particulier les fondamentales : contenance, protection, communication, service et logistique [4].

Contenance

C'est la fonction d'origine la plus ancienne de l'emballage, elle reste particulièrement importante aujourd'hui pour les produits liquides, poussiéreux et granuleux.

Protection

L'emballage est une barrière protectrice fondamentale pour la qualité d'origine des aliments.

Il protège le produit contre le stress mécanique, la lumière, l'humidité et l'oxygène, les contaminations chimiques ou biologiques externes, d'éventuelles manipulations non désirées ou frauduleuses.

Communication

L'emballage a été défini comme le *silent seller* (vendeur silencieux), pour souligner la valeur de communication inhérente à toute forme d'emballage et qui est renforcée par la transformation des systèmes de distribution commerciale en formes de libre-service.

La forme, la couleur et l'apparence d'un emballage peuvent contribuer de manière significative au succès commercial d'un produit ; en fait, les experts en marketing et en communication sont eux-aussi toujours impliqués dans la conception et le développement d'un nouvel emballage.

Aujourd'hui, l'emballage est même utile pour le consommateur. Il fournit des informations nutritionnelles, des recommandations d'utilisation, des recettes, des codes de conformité réglementaire et d'identification tels que les codes à barres, le code QR ou la matrice des données.

Service

Parmi les nombreuses fonctions de l'emballage, c'est peut-être la plus récente, mais elle est rapidement devenue extrêmement importante en raison de sa capacité de répondre aux besoins des consommateurs modernes et de nouveaux modes de vie.

La *convenience* (commodité) offerte par l'emballage consiste en la facilité d'ouverture, la refermabilité des emballages souples,...

Logistique

Une série d'objectifs de l'opération de conditionnement peuvent être attribuables à la finalité logistique visant à favoriser le flux des produits et la valeur économique qu'ils représentent. Les entreprises alimentaires accordent sans aucun doute une attention particulière à ces finalités des emballages. Les économies qui peuvent résulter de l'optimisation de l'aspect logistique des emballages (tant primaires que secondaires ou tertiaires) sont énormes et justifient des investissements substantiels.

2.2. FACTEURS CRITIQUES POUR LA DÉFINITION DE L'EMBALLAGE

Afin de déterminer l'emballage le plus approprié pour le conditionnement des herbes aromatiques déshydratées, il convient de tenir compte des facteurs suivants :

- ✓ Sensibilité à la lumière. Les herbes contenant des caroténoïdes ou des chlorophylles sont très sensibles à la dégradation due à la lumière. La lumière change la couleur de toutes les herbes, ce qui engendre un blanchiment.
- ✓ Sensibilité du composant aromatique. Dès que les herbes sont récoltées, les huiles essentielles qu'elles contiennent commencent à se détériorer. Certaines espèces d'herbes présentent une détérioration du profil aromatique plus marquée que d'autres en raison de leurs composantes très volatiles.
- ✓ Sensibilité à l'humidité et à l'oxydation. Dans le cas des herbes broyées, plus la granulométrie est petite, plus la surface exposée aux conditions atmosphériques est grande et par conséquent, plus le produit est sensible à la pénétration de l'humidité et à l'oxydation. Une augmentation du taux d'humidité des herbes peut également entraîner des problèmes liés aux insectes parasites et potentiellement des risques microbiologiques si l' a_w (eau libre) atteint des niveaux élevés. Pour réduire les réactions oxydantes, il est important d'éviter de

stocker le produit à des températures élevées, d'utiliser un emballage à faible perméation à l'oxygène et une atmosphère modifiée appropriée [5].

2.2.1. Composition de la fraction volatile des herbes aromatiques et facteurs exogènes critiques

Les plantes contiennent une large gamme de composés isoprénoïdes avec une grande variété de structures et de fonctions. La plupart des isoprénoïdes sont des métabolites secondaires des plantes. Les isoprénoïdes font partie intégrante de la composante volatile des épices et des herbes aromatiques. Les huiles essentielles, qui peuvent également être extraites des herbes aromatiques, sont un mélange complexe de différents composés chimiques, contenant souvent plus de 100 molécules individuelles. La composition relative des différentes substances crée l'arôme caractéristique de chaque espèce [6]. Plus précisément, la plupart des composants constituant les huiles essentielles sont soit des terpénoïdes lipophiles, des phénylpropanoïdes ou des dérivés d'hydrocarbures aliphatiques à chaîne courte de faible poids moléculaire. Les terpénoïdes lipophiles sont les composants les plus fréquents et les plus caractéristiques [7].

La plupart des huiles ont un ou plusieurs composants principaux, leur conférant l'odeur/arôme typique, mais les nombreux composés présents en moindres quantités jouent eux-aussi un rôle important dans la définition du résultat final [6]. En fait, la contribution de chaque composé à l'arôme n'est pas seulement liée à sa concentration, mais dépend aussi du seuil de perception spécifique qui est déterminé par sa structure et sa volatilité. Par conséquent, même les composés mineurs résultant de réactions d'oxydation ou de dégradation peuvent avoir un fort impact sur l'arôme. Les réactions d'oxydation sont parmi les causes principales de détérioration des huiles essentielles, sinon les plus fréquentes. La présence d'oxygène joue donc un rôle décisif dans la stabilité sensorielle des huiles essentielles [7]. La présence de lumière et les températures élevées jouent également un rôle important dans la dégradation des huiles essentielles, car elles accélèrent les réactions chimiques responsables de leur détérioration (Fig. 1).

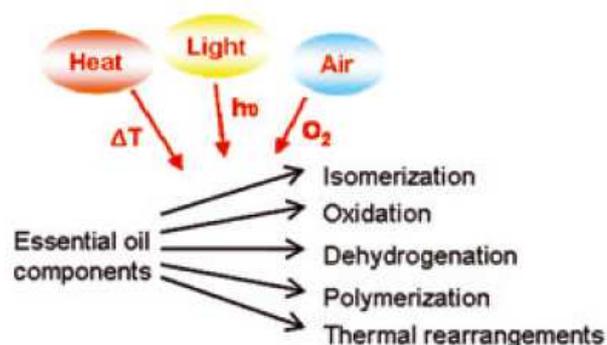


Fig. 1. Réactions possibles de dégradation des huiles essentielles [7].

2.3. PROPRIÉTÉS BARRIÈRES DES EMBALLAGES

Les propriétés barrières d'un polymère se réfèrent à la capacité d'y faire passer une molécule pénétrante. Les films flexibles pour emballages peuvent être utilisés pour obtenir une barrière contre les gaz (oxygène, azote, anhydride carbonique, vapeur d'eau). D'autres applications peuvent également exiger une barrière aux arômes, comme dans le cas des herbes aromatiques.

La perméation se produit dans les films polymères et ce mécanisme permet des interactions avec l'environnement externe. Les molécules peuvent pénétrer à travers l'emballage par un processus en trois étapes (Fig. 2). La première étape consiste à dissoudre les molécules dans la structure du film. Les molécules se propagent ensuite à travers les couches du film. Enfin, les molécules se désorberont sur le côté intérieur. Les molécules peuvent se déplacer de l'extérieur de l'emballage vers l'intérieur et vice versa. Cette perméation se produit en raison d'un gradient de

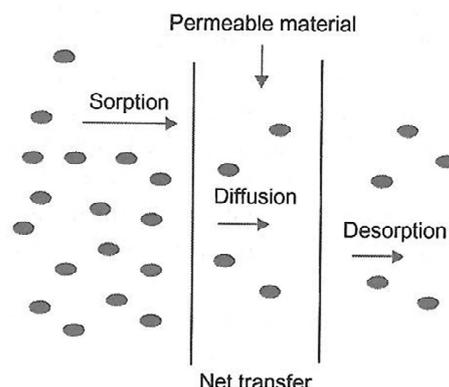


Fig. 2. Mécanisme de perméation d'une substance à travers un emballage en matériau plastique [9].

concentration ou de pression, dépend de la température et, pour de nombreux polymères, de l'humidité relative. Le taux de perméabilité est sensible à la température et augmente au fur et à mesure que la température ambiante augmente selon l'équation d'Arrhenius. Le taux de perméabilité de certains polymères dépend également de l'humidité relative et augmente au fur et à mesure que l'humidité relative augmente [8].

Le nombre de molécules perméantes qui peuvent pénétrer à l'intérieur de l'emballage dépend des caractéristiques du polymère, des caractéristiques des molécules elles-mêmes, de leurs interactions, de la concentration des molécules à l'extérieur et à l'intérieur de l'emballage, ainsi que de la température. L'orientation du film a elle-aussi une certaine influence sur les propriétés barrières et les performances mécaniques des polymères, tant amorphes que semi-cristallins. Les propriétés barrières des polymères peuvent donc être améliorées en induisant l'orientation des molécules polymères pendant ou après le processus de production des films. Les films orientés sont nettement plus résistants que les films non orientés. Les Tableaux 1 et 2 montrent les propriétés de perméabilité à l'oxygène et à l'humidité des différents matériaux polymères.

Tableau 1 Coefficient de perméabilité à l'oxygène des différents polymères [8].

Oxygen Permeability Coefficients	
1.0 mil, 73°F (23°C), 0% RH	
Polymer Type	Oxygen Permeability Coefficient (cm ³ × mil/100 in. ² × day × atm)
PVOH	0.03–0.06 (Plastics Design Library Staff, 1995)
EVOH	0.02
PVDC	0.15
PA	2.6
PET	3.5
PVC	5–20
PLA	30 (Auras et al., 2003; Cabedo et al., 2005)
PP	150
HDPE	150
EAA	200–500
EMAA	200–500
ION	200–500
PS	350
PB	385
LDPE	420
LLDPE	440
EPE	500–800
EVA	600–1000
EMA	600–1000
ULDPE	600–950
POP/POE	600–2000

Tableau 2 Coefficient de perméabilité à l'humidité des différents polymères [8].

Moisture Vapor Transmission Rates (MVTR): 1.0 mil, 100°F (37.8°C), 90% RH	
Polymer Type	MVTR (g × mil/100 in. ² × day)
PVDC	0.10
PP	0.7
HDPE	0.4–0.8
LLDPE	0.8–1.2
ULDPE	1.2–1.5
LDPE	1.0–1.2
PB	1.0–1.2
EVA	1.0–5.5
EAA	1.0–1.6
EMAA	1.0–1.6
ION	1.0–1.6
EMA	1.0–9.0
POP	1.3–2.0
EPE	0.9–1.2
POE	2.0–3.0
PET	2.0–3.3
PVC	0.9–5.1
EVOH	2.0–4.5
PS	7.0–10.0
PA	10.0–20.0
PLA	40 (Auras et al., 2003)

En fait, les films monocouches ne sont pas en mesure de fournir toutes les propriétés requises à un emballage alimentaire. De plus, les films monocouches sont généralement perméables à plusieurs gaz (Tab. 1 et 2). La plupart des emballages alimentaires ont une structure multicouche afin d'obtenir les propriétés fonctionnelles souhaitées de manière rentable. Les films à barrière ont tendance à être des films multicouches, spécialement conçus pour rendre difficile la perméation aux gaz. Les différentes couches qui composent la structure du film ont des fonctionnalités différentes.

La couche la plus externe de cette structure protège le produit contre les contraintes mécaniques venant de l'extérieur. Les polymères normalement utilisés pour cette couche sont le polypropylène (PP), le polyéthylène haute densité (HDPE), le polyéthylène linéaire basse densité (LLDPE), le polyamide (PA) et le polyéthylène téréphtalate (PET).

La couche d'étanchéité de la structure multicouche permet d'obtenir une soudure hermétique capable de protéger le produit. Les copolymères d'éthylène sont souvent utilisés comme matériaux de soudure en raison de leur faible point de fusion. Les polymères utilisés pour cette fonction sont

différents, les principaux étant le polyéthylène basse densité (LDPE), l'éthylène-acétate de vinyle (EVA), le LLDPE.

La couche barrière est constituée par contre de polymères à faible perméabilité aux gaz, tels que l'éthylène-alcool vinylique (EVOH) ou le chlorure de polyvinylidène (PVdC).

Des résines spéciales servant d'agents poisseux ou des couches de liaison sont utilisées pour combiner les différentes couches par la co-extrusion ou le laminage [9].

2.4. TYPES DE MATÉRIAUX UTILISABLES

Les différents matériaux qui peuvent être utilisés pour l'emballage des herbes aromatiques sont le papier et le carton, les films plastiques de diverses compositions, les feuilles d'aluminium, le verre, le tissu de jute et le bois. Les plus importants pour l'utilisation prévue sont indiqués ci-dessous [5].

2.4.1. Papier et carton

Ces matériaux sont les moins chers pour emballer les herbes aromatiques entières. Ils se caractérisent par un bon potentiel de communication et peuvent être pliés dans n'importe quelle forme. Le revêtement de la partie extérieure avec des cires améliore son esthétique et sa résistance à l'eau. Le revêtement de la partie intérieure en polyéthylène offre une protection et une capacité de soudage accrues. D'autre part, le papier et le carton ne conviennent pas aux herbes broyées en raison de leur grande perméabilité aux composants aromatiques et aux gaz.

2.4.2. Aluminium

Les feuilles d'aluminium offrent un excellent potentiel pour le conditionnement des herbes broyées. Elles ne sont pas transparentes et sont idéales pour les herbes qui ont besoin d'être protégées contre la lumière. Elles garantissent une faible perméation aux gaz, ce qui est essentiel pour protéger l'arôme délicat des différentes herbes aromatiques. L'accouplement du côté intérieur avec des films soudables, tels que le polypropylène, garantit sa capacité de soudage à chaud. L'aluminium est également utilisé comme matériau barrière dans les films multicouches.

2.4.3. Films cellulosiques

Les films cellulosiques sont transparents, sans odeur ni goût et biodégradables en 100 jours environ. Ces films résistent aux perforations, mais se déchirent facilement. Ils ne sont pas soudables, la taille et la perméabilité varient en fonction de l'humidité ambiante.

2.4.4. Polypropylène orienté

Le polypropylène orienté est un film polymère brillant et transparent, avec de bonnes qualités optiques, ainsi qu'une résistance élevée à la traction et à la perforation. Sa perméabilité à l'humidité, aux gaz et aux odeurs est modérée et ses propriétés ne varient pas en fonction de l'humidité

ambiente. Le polypropylène biaxial orienté a des propriétés similaires à celles du polypropylène orienté, mais il est plus résistant.

2.4.5. PET

Le polyéthylène téréphtalate est un film très résistant, transparent et brillant, avec d'excellentes propriétés de perméation aux gaz et à l'humidité. Il est flexible dans une plage de température allant de -70°C à +135°C au fur et à mesure que la température varie et est pratiquement insensible à l'humidité ambiante.

2.4.6. LDPE

Le polypropylène basse densité est utilisé comme copolymère dans certains plateaux et barquettes. Il est soudable, chimiquement inerte, inodore et se dilate lorsqu'il est chauffé. Il offre une bonne barrière à l'humidité, mais a une perméabilité aux gaz relativement élevée, il est sensible aux huiles et a une faible résistance aux odeurs. C'est le moins cher par rapport à la plupart des films plastiques et pour cette raison il est largement utilisé.

2.4.7. HDPE

Le polypropylène haute densité est plus résistant, plus mince, moins flexible et plus fragile que le LDPE. Il est également moins perméable aux gaz et à l'humidité. Les sacs en HDPE d'une épaisseur de 0,03-0,15 mm ont une résistance élevée aux déchirures, à la traction et aux perforations.

2.4.8. Film multicouche

Films revêtus (Coating films)

Les films sont généralement revêtus d'autres polymères pour améliorer leurs propriétés barrières ou pour rendre l'emballage soudable. Une mince couche d'aluminium offre une bonne barrière aux huiles, aux gaz, à l'humidité, aux odeurs et à la lumière. Les films métallisés sont moins chers et plus flexibles que les feuilles d'aluminium laminées ayant des propriétés barrières similaires. Le polyester métallisé a de meilleures propriétés de barrière que le polypropylène métallisé, mais ce dernier est utilisé plus fréquemment parce qu'il est moins cher.

Films laminés

Le laminage de deux ou plusieurs films améliore l'aspect, les propriétés de barrière et/ou la résistance mécanique de l'emballage. Les laminés comprennent généralement le nylon-LDPE, le nylon-PVdC-LDPE et le nylon-EVOH-LDPE. Le nylon confère de la résistance à l'emballage, l'EVOH et le PVdC donnent un effet barrière contre les gaz et l'humidité, tandis que le LDPE garantit la capacité de soudage.

Films co-extrudés

La co-extrusion est l'extrusion simultanée de deux ou plusieurs couches de polymères différents pour obtenir un seul film. Les films co-extrudés présentent les avantages suivants par rapport aux autres types de films :

- Ils ont d'excellentes propriétés de barrière, semblables à celles des films laminés multicouches, mais sont produits à moindre coût.
- Ils sont plus minces que les films laminés et ont une épaisseur similaire à celle des films monocouches, ce qui les rend plus faciles à utiliser par les machines pour le formage et le remplissage.
- Les différentes couches ne peuvent pas être séparées.

Les types principaux de composés utilisés pour cette application sont les suivants :

- Oléfines (LDPE et HDPE) ;
- Styrènes (polystyrène et Acrylonitrile butadiène styrène) ;
- Polymères à base de chlorure de polyvinyle.

2.4.9. Films biodégradables

La prise de conscience accrue de l'impact environnemental des emballages par les consommateurs et la société dans son ensemble a suscité un intérêt et une demande croissants de films et procédés d'emballage biodégradables et respectueux de l'environnement. Les matières premières utilisées pour la production de ces emballages viennent principalement de matières premières agricoles. Les biopolymères résultant de mélanges et/ou traitements spécifiques présentent des propriétés adéquates pour l'emballage des denrées alimentaires. Leur fonctionnalité, par exemple en termes de propriétés de barrière aux gaz, qui est intrinsèquement inférieure à celle des matériaux polymères traditionnels, peut être améliorée en les combinant avec d'autres ingrédients tels que les plastifiants et les additifs.

Deux types de biomolécules (hydrocolloïdes et lipides) sont utilisés ensemble pour la préparation de films biodégradables et de matériaux composites. Individuellement, ces molécules n'ont pas l'intégrité structurale et les caractéristiques fonctionnelles appropriées à cet effet. Les hydrocolloïdes, étant hydrophiles, sont de très mauvaises barrières contre l'humidité, une criticité compensée par l'ajout de lipides, qui offrent une excellente barrière à l'humidité. Les films composites sont un mélange de ceux-ci et d'autres ingrédients en proportions variables, qui déterminent leurs propriétés de barrière (à l'humidité, l'oxygène, l'anhydride carbonique, les composants volatils) et d'autres propriétés mécaniques.

Les polymères synthétiques sont progressivement remplacés par des matériaux biodégradables, notamment ceux qui sont issus de ressources naturelles renouvelables. La biodégradabilité de ces biopolymères est principalement déterminée par leur structure chimique, plutôt que par la matière première initiale. L'utilisation de bioemballages peut présenter des avantages potentiels pour les agriculteurs et les transformateurs de produits agricoles.

Les matériaux biodégradables comprennent également des films cellulosiques, que l'on a déjà mentionnés auparavant.

Certains types de films revêtus (par exemple métallisés) conservent en tout cas leur caractère biodégradable et/ou compostable car l'épaisseur de la couche métallique avec additif est toutefois limitée.

2.5. SYSTÈMES DE CONDITIONNEMENT

Le choix du système de conditionnement est étroitement lié à la destination, à l'utilisation prévue des herbes aromatiques et à des facteurs économiques.

Différents systèmes de conditionnement sont disponibles avec film alimentaire respirant ou à barrière pour emballer les herbes aromatiques sur plateau ou en vrac, en solutions d'emballage à flux vertical et horizontal et sous film thermorétractable. Il existe de nombreuses machines d'emballage primaire et secondaire, dont les principales catégories sont les suivantes :

- Machines d'emballage avec films thermorétractables, qui sont utilisées par exemple pour emballer le romarin individuellement ou dans des emballages multiples avec film thermorétractable.
- Emballeuses automatiques à flux horizontal, adaptées aux herbes aromatiques en barquettes avec la possibilité d'insérer une atmosphère protectrice. Emballages scellés et hygiéniquement sûrs.
- Emballeuses à flux avec capacité de mettre sous enveloppe à orientation verticale pour les herbes aromatiques en sachets stick mono-doses, prêts à l'emploi.
- Thermosoudeuses ou thermoscelleuses pour le conditionnement en barquettes.
- Emballeuses à cloche pour le conditionnement en sachets.
- Fardeuses pour emballages entièrement fermés ou semi-ouverts, idéales pour les caisses en bois, en plastique et en carton.

Le conditionnement de différents types d'herbes aromatiques déshydratées sous atmosphère modifiée nécessite l'utilisation d'une emballeuse très polyvalente, avec une grande liberté de personnalisation en fonction des besoins spécifiques des produits.

2.5.1. Emballeuse Flow Pack verticale

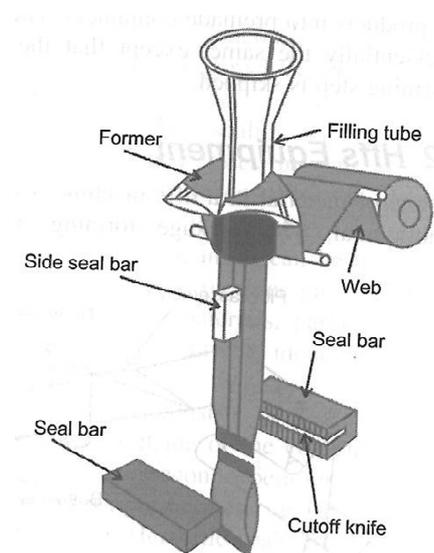


Fig. 3. Fonctionnement schématique d'une emballeuse VFFS [10].

Les emballeuses Form-Fill-Seal (FFS - de formage, remplissage et scellement) sont très populaires parce qu'elles peuvent être utilisées sur une grande variété de produits, des poudres comme les préparations de gâteaux aux liquides comme les vinaigrettes. Les emballeuses FFS effectuent trois opérations distinctes : formage, fermeture et scellement de l'emballage [10].

Les emballeuses Verticales Form-Fill-Seal (VFFS) sont très répandues et largement utilisées pour emballer une large gamme d'aliments, y compris plusieurs aliments déshydratés. Le fonctionnement général de la machine est le suivant (Fig. 3) :

- La bobine de film plastique qui sera utilisée pour le formage de l'emballage alimentaire la machine grâce à une série de rouleaux, de guides et de systèmes de mise sous tension.
- Le film passe ensuite à travers une formeuse spécialement moulée qui, grâce à sa forme particulière, enveloppe automatiquement le film à l'extérieur du tube de remplissage, les extrémités sont superposées et soudées de sorte que le film crée un tube.
- Au fond du tube de remplissage, une paire de mâchoires de thermosoudage soude le tube de film flexible précédemment créé, en scellant la partie supérieure de l'emballage déjà remplie et la partie inférieure de l'emballage restant à remplir. Ensuite, un couteau chauffé coupe le fond de l'emballage, ce qui vous permet de détacher l'emballage déjà rempli de celui qui est en cours de remplissage.
- En même temps, par un système de dosage externe le produit à emballer est déchargé dans le tube de remplissage, il se déposera à l'intérieur de l'emballage en phase de formage, c'est-à-dire sans la soudure de la partie supérieure.



Fig. 4. Différents types de sachets « coussins ».

Le type d'emballage résultant de ce système de conditionnement est le sac dit « coussin » (Fig. 4), qui permet d'obtenir plusieurs avantages, parmi lesquels :

- meilleur impact esthétique que les emballages en plastique rigide ;
- possibilité de garantir une durée de conservation élevée grâce à l'utilisation de films barrières appropriés ;

- réduction des volumes d'expédition par rapport aux emballages rigides.



Fig. 5. Emballeuse verticale Flow Pack modèle Speedywork de NEOPAC.

En tenant compte de la spécificité de l'application et du type d'emballage, nous vous proposons pour l'emballeuse à flux vertical d'utiliser une machine d'emballage verticale à flux Flow Pack modèle Speedywork (Fig. 5) produite par la société NEOPAC s.r.l. C'est une emballeuse très polyvalente, capable d'emballer plusieurs produits avec des vitesses variables selon le type de produit et le système d'alimentation combiné. La machine fabrique des emballages coussins à partir d'une bobine de feuilles plates en différentes matières plastiques : polypropylène, polyéthylène, stratifié, mono et bi-soudés. L'emballeuse peut également être équipée d'un système pour obtenir l'atmosphère modifiée. Vous pouvez également personnaliser vos systèmes d'alimentation en fonction de vos besoins.

2.5.2. Emballeuse Flow Pack horizontale



Fig. 6. Emballeuse Flow Pack horizontale modèle HS-E160 de F.D.M.

L'emballeuse horizontale de type flow pack (Fig. 6) est adaptée au formage automatique des sachets à partir d'une bobine de matériau thermosoudable ou soudable à froid. La machine est adaptée au conditionnement d'une large gamme de produits, par exemple des produits alimentaires, pharmaceutiques, surgelés, des fruits et légumes. Le processus de formage de l'emballage est tout à fait similaire à celui des machines flow pack verticales, la seule différence étant son développement horizontal : le produit ne peut donc pas tomber à l'intérieur de l'emballage par gravité, mais doit être transporté par un système d'alimentation spécial, typiquement à courroie. Le processus de conditionnement est continu, mais il peut être nécessaire d'insérer manuellement le produit à emballer sur la ligne d'alimentation de la machine. Pour cette application, il est indispensable de placer les herbes aromatiques séchées à conditionner dans des récipients ou de plateaux spéciaux en plastique ou en carton. Parmi les types d'emballeuses proposées, c'est celle qui nécessite l'investissement initial le plus élevé.

2.5.3. Thermosoudeuse

Les thermosoudeuses permettent d'emballer et de sceller le produit dans des barquettes préformées (en PS, PP, APET, CPET, Aluminium et carton doublé) par soudure, sous vide et sous atmosphère protectrice. Les barquettes préformées thermosoudées sont idéales pour emballer une grande variété de produits alimentaires, non alimentaires et médicaux. Ce sont des machines semi-automatiques aux dimensions réduites idéales pour ceux qui ont peu d'espace ou qui veulent démarrer une nouvelle production avec un investissement limité. Ces machines sont faciles à utiliser et offrent un emballage complet. Leur productivité est toutefois inférieure à celle des machines flow pack, car le processus est discontinu.



Fig. 7. Thermosoudeuse modèle FoodPack Energy de Ilpra.

Sur la base de notre expérience, pour l'application prévue nous proposons les thermosoudeuses ILPRA de la série FoodPack (Fig. 7). Cette série de thermosoudeuses offre une large gamme de machines avec des caractéristiques différentes pouvant répondre aux différents besoins de l'utilisateur. Le Groupe ILPRA est un leader mondial dans l'industrie du conditionnement alimentaire, industriel et médical. Dans la structure de ces thermosoudeuses, on retrouve (Fig. 6) :

- carreau rétractable
- supports à carreau
- rouleau porte-bobine
- rouleau collecteur de déchets
- tableau de commande
- système de vide et de gaz

2.5.4. Emballeuses à cloche

Les emballeuses à cloche sont principalement destinées au conditionnement sous vide des aliments, en particulier des aliments frais. Cependant, il existe maintenant des emballeuses à cloche qui peuvent également emballer sous atmosphère modifiée (Fig. 8). Ce type de machine a été créé principalement pour être utilisé pour des productions artisanales, ayant une faible capacité de production même en vertu de l'investissement initial qui est réduit par rapport aux autres emballeuses mentionnées ci-dessus. Le processus de conditionnement est complètement discontinu et nécessite une forte contribution manuelle.



Fig. 8. Machine sous vide avec système pour atmosphère modifiée Mistral de Besservacuum.

2.6. CONDITIONNEMENT SOUS ATMOSPHÈRE MODIFIÉE

Le conditionnement sous atmosphère modifiée (Modified Atmosphere Packaging, MAP) est un procédé qui permet de maintenir les caractéristiques des aliments, en particulier les aliments frais emballés et partiellement transformés, en obtenant une durée de conservation plus longue sans ajout de conservateurs.

Ce procédé consiste en l'introduction d'un mélange gazeux, qui comprend de l'oxygène, de l'anhydride carbonique et de l'azote en quantités variables dans un emballage à faible perméabilité (films plastiques, feuilles d'aluminium et autres matériaux d'emballage appropriés). Habituellement, on tente de réduire la quantité d'oxygène à moins de 0,5 %, ce qui limite la croissance microbienne et la modification des caractéristiques organoleptiques du produit. Le pourcentage des gaz d'emballage dépend du type de produit alimentaire contenu dans l'emballage. La perméabilité du matériau, les valeurs de transmission de la vapeur d'eau et les caractéristiques de soudage doivent être soumises à de nombreux contrôles, tant au moment du choix du matériau qu'aux stades de transformation en récipient et de remplissage, afin de garantir et de sauvegarder à chaque étape les caractéristiques de l'emballage pour le maintien du mélange gazeux [11].

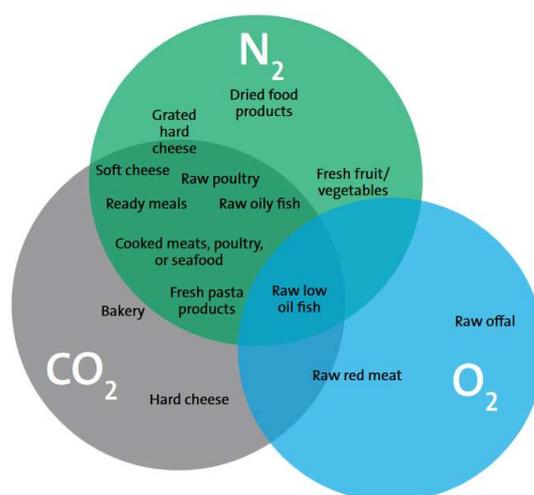


Fig. 9. MAP : Utilisation de gaz techniques selon les applications [15].

L'emballage sous atmosphère modifiée présente plusieurs avantages :

- cela réduit les réactions physiologiques, chimiques/biochimiques et physiques indésirables dans les aliments ;
- contrôle de la croissance microbologique ;
- cela maintient les caractéristiques organoleptiques ;
- cela est présenté comme une boîte prête à l'emploi, plus attrayante.

Le principal mécanisme de détérioration des aliments déshydratés contenant des quantités importantes d'acides gras insaturés est le rancissement oxydatif [12]. En outre, il faut considérer même la sensibilité particulière des composés aromatiques des herbes aromatiques à l'oxydation.

Une étude récente visant à évaluer l'effet de l'atmosphère modifiée sur les propriétés sensorielles du safran a montré que 100 % de N₂ était le mélange de gaz le plus efficace, parmi ceux qui avaient été testés, pour ralentir la dégradation des caractéristiques sensorielles du produit [13]. En particulier, il était plus efficace que les mélanges de N₂ et CO₂. Les producteurs de gaz industriels pour l'atmosphère modifiée recommandent eux-aussi d'utiliser 100 % de N₂ pour le stockage des herbes aromatiques déshydratées [12 ; 14]. Normalement, un rapport gaz/produit d'environ 2:1 est recommandé [14].

2.7. NOTIONS SUR LE CADRE LÉGISLATIF POUR LES MATIÈRES PLASTIQUES EN CONTACT AVEC LES DENRÉES ALIMENTAIRES

Le Règlement (CE) 10/2011 constitue une mesure spécifique aux termes de l'article 5 du Règlement (CE) 1935/2004 et établit des règles spécifiques pour la fabrication et la commercialisation des matériaux et des objets en matière plastique :

- destinés à entrer en contact avec des produits alimentaires,
- ou déjà en contact avec des denrées alimentaires ;
- ou raisonnablement susceptibles d'entrer en contact avec des produits alimentaires.

Cela s'applique aux matériaux et aux objets mis sur le marché de l'UE relevant des catégories suivantes :

- a) matériaux et objets ainsi que leurs parties, constitués exclusivement de matières plastiques ;
- b) matériaux et objets en matière plastique multicouches maintenus ensemble par des adhésifs ou d'autres moyens ;
- c) matériaux et objets imprimés et/ou revêtus visés aux points a) ou b) ;
- d) couches de matière plastique ou revêtements en matière plastique, qui sont des joints d'étanchéité de couvercles et de bouchons et qui, avec ces couvercles et ces bouchons, forment un ensemble de deux ou plusieurs couches de différents types de matériaux ;
- e) couches en matière plastique de matériaux et objets multicouches multi-matériaux.

L'annexe I du Règlement contient une liste communautaire unique des substances autorisées pour la production de matières plastiques destinées à entrer en contact avec des denrées alimentaires, comprenant : les monomères et d'autres substances initiales, les additifs (à l'exclusion des matières colorantes), les adjuvants de polymérisation (à l'exclusion des solvants), les macromolécules obtenues par fermentation microbienne.

Afin d'évaluer la conformité réelle des matériaux plastiques au contact des denrées alimentaires, le Règlement prévoit que les matériaux doivent être mis en contact avec des simulants alimentaires appropriés afin d'évaluer leur migration. Les simulants à utiliser sont identifiés en fonction du type d'aliment avec lequel le contact est attendu.

Le Règlement fixe des limites :

- de migration totale de 60 mg/(kg d'aliment) ou 10 mg/dm² de superficie ;
- spécifiques (SML) ou une teneur maximale (QM) de superficie pour les substances dont à l'annexe I.

Les films multicouches en matériaux polymères identifiés dans cette étude pour le conditionnement des herbes aromatiques séchées conviennent pour le contact avec ce type d'aliments. Cependant, lors du processus de conditionnement, pendant la phase de thermosoudage, le film est soumis à des contraintes thermiques qui modifient les propriétés des matériaux polymères.

Afin de s'assurer que cette modification n'ait pas d'impact significatif sur la conformité de l'emballage, il est conseillé d'effectuer un test de migration sur l'emballage fini avec un simulant alimentaire approprié. Pour les plantes aromatiques, seul le simulant E* sera utilisé pour effectuer des tests de migration.

* poly(oxyde de 2,6-diphényl-p-phénylène), taille des particules 60-80 maille, taille des pores 200 nm

3. MATÉRIAUX D'EMBALLAGE IDENTIFIÉS POUR LES ESSAIS

Étant donné que la durée de conservation des aliments déshydratés conditionnés en MAP est très longue, les matériaux utilisés pour l'emballage primaire doivent avoir d'excellentes propriétés barrières, tant en termes de gaz que d'humidité, afin de maintenir l'humidité du produit et la composition de l'atmosphère tout au long de la durée de conservation. En outre, l'impact que la lumière pourrait avoir sur la dégradation des composants aromatiques et des pigments doit également être pris en compte, en évaluant la possibilité d'utiliser des matériaux métallisés qui empêchent le produit d'entrer en contact avec le rayonnement lumineux. L'emballage optimal doit donc répondre à toutes ces caractéristiques et posséder des propriétés esthétiques, mécaniques, éventuellement respectueuses de l'environnement et biodégradables.

3.1. MATÉRIAUX D'EMBALLAGE POUR MACHINES FLOW PACK

Afin de répondre aux exigences susmentionnées, il n'est pas possible d'utiliser des films composés d'un seul matériau, mais il faut employer des films multicouches, dans lesquels l'union de différents types de matériaux polymères, métalliques et celluloses garantit des propriétés adaptées à l'application prévue. Le Tableau 3 montre, à titre d'exemple, les différences de perméabilité entre les films barrières et non-barrières.

Tableau 3. Propriétés barrières typiques des films barrières et non-barrières [16].

Typologie de film	Perméabilité	
	H2O (g/m ² .24hrs) 38°C 90 %HR	O2 (cc/m ² .24hrs) 23°C 0 %HR
Film co-extrudé BOPP 25 µm	6,0	1 800
Propafilm™ RDU 21 µm	4,0	6
Film co-extrudé PP 50 µm	3,3	1 000
Propafilm™ FFX 31 µm	3,2	6

Les films proposés pour l'expérimentation avec des machines flow pack verticales et horizontales sont de 2 types :

1. **films traditionnels non biodégradables**, fabriqués par Innovia Films, société qui détient une bonne part du marché mondial des films à revêtement haute performance, spécialisée dans la production de films à base de polypropylène biaxial orienté (BOPP).
2. **film biodégradables**, fabriqués par Futamura, le premier producteur mondial de films d'emballage durable en cellulose. La société possède la ligne Natureflex™, qui comprend

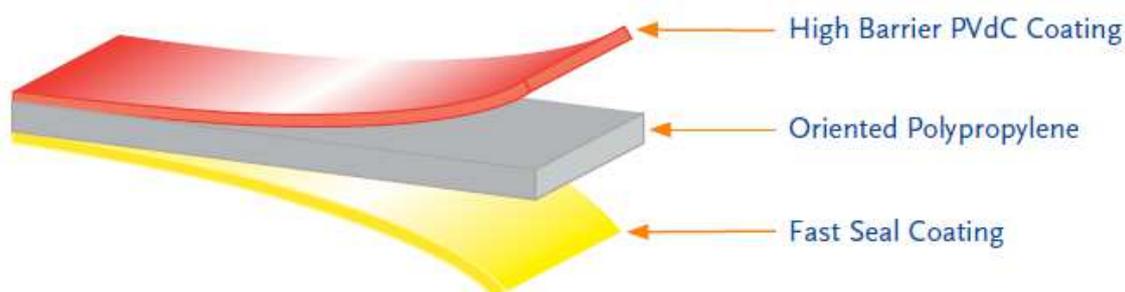
une large gamme de films appropriés pour le contact avec les aliments entièrement compostables.

Presque tous les films sélectionnés offrent la possibilité d'imprimer sur la surface n'étant pas en contact avec les aliments, ce qui vous permet de personnaliser l'emballage. Cela peut être fait par des entreprises spécialisées dans l'impression sur bobines en matériaux polymères.

3.1.1. Films non biodégradables transparents

Propafilm™ FFX

Film en polypropylène biaxial orienté (BOPP) avec une couche de scellement rapide d'un côté et une dispersion aqueuse (laquage) de chlorure de polyvinylidène (PVdC) de l'autre côté.



Caractéristiques principales :

- Faible perméabilité à l'humidité, aux arômes et aux gaz
- Large plage de soudage sur le côté de scellement rapide
- Bonnes propriétés de soudage en termes de résistance et d'intégrité des soudures
- Le soudage n'est pas affecté par les changements des conditions climatiques
- Bonnes propriétés optiques
- Bonne imprimabilité sur le côté en PVdC
- Impossible de souder le côté à scellement rapide avec celui en PVdC
- Cela peut être utilisé pour l'emballage de fromage, remplissage et scellement (« flow-pack »)

Technical Properties (Typical Values)

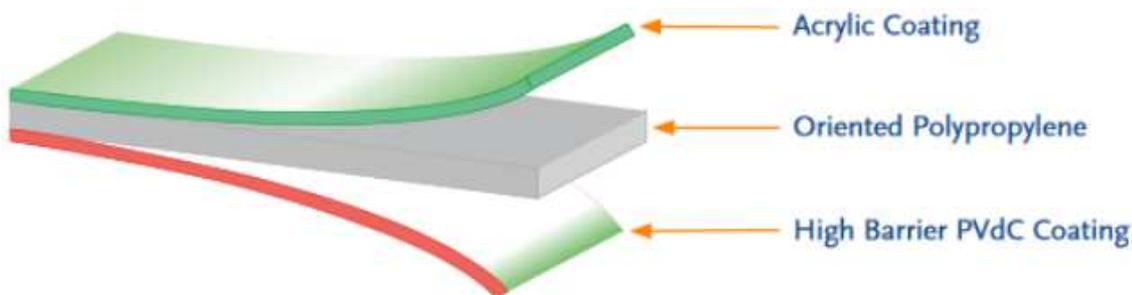
Property	Test Method	Test Conditions	Units	FFX		
Thickness	Innovia Films test		micron	21	26	31
Yield	Innovia Films test		m ² /kg g/m ²	50.7 19.7	40.9 24.4	34.5 29.0
Permeability to: Water vapour	ASTM F 1249	23°C 85% RH 38°C 90% RH	g/m ² .24 hrs	1.2 4.0	1.0 3.6	0.8 3.2
Oxygen	ASTM F 1927	23°C 85% RH 23°C 0% RH	cc/m ² .24 hrs	6 6	6 6	6 6
Optical: Gloss	ASTM D 2457	45°	units	100		
Haze (wide angle)	ASTM D 1003	2.5°	%	2-3		
Coefficient of friction (film to film)	ASTM D 1894	Dynamic P/P Dynamic F/F		0.30 0.60		
Sealing range	Innovia Films test	0.1 secs; 0.4 MN/m ²	F/F	°C 65-145		
Seal strength	Innovia Films test	100°C; 0.1 secs; F/F 0.4 MN/m ²	g(f)/25mm	>500		
Shrinkage	Innovia Films test	60 secs at 120°C 60 secs at 130°C	%	MD TD MD TD	4.9 1.4 8.6 2.0	

All properties are tested under standard laboratory conditions: 23 ± 2°C; 50 ± 5% RH, unless otherwise stated. Where relevant, tests are based on international testing standards.

MD Machine Direction TD Transverse Direction P PVdC Surface F Fast Seal Surface

Propafilm™ RDU

Film en polypropylène biaxial orienté (BOPP) revêtu d'une dispersion aqueuse (laquage) de chlorure de polyvinylidène (PVdC), copolymère à haute barrière, d'un côté et d'une dispersion aqueuse acrylique de l'autre côté.



Caractéristiques principales :

- Faible perméabilité à l'humidité, aux arômes et aux gaz
- Thermosoudable des deux côtés (A/A, P/P et A/P)
- Les deux faces du film sont imprimables
- La résistance à la perforation et aux chocs est maintenue même à basse température
- Utilisable pour l'emballage de formage, remplissage et scellement

Technical Properties (Typical Values)

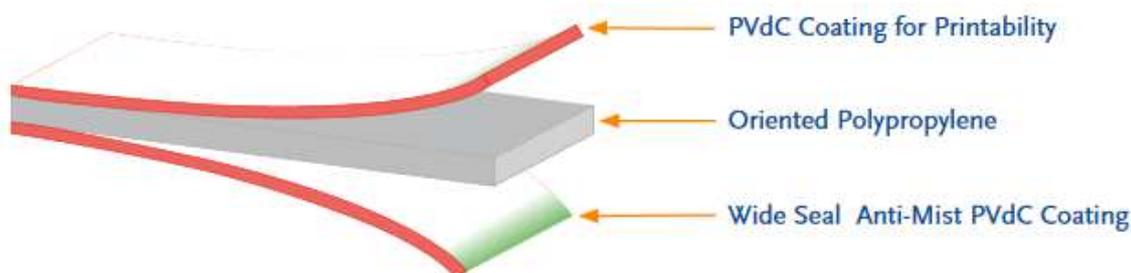
Property	Test Method	Test Conditions	Units	RDU	
Thickness	Innovia Films test		micron	21	26
Yield	Innovia Films test		m ² /kg g/m ²	49.6 20.2	40.5 24.7
Permeability to: Water vapour	ASTM F 1249	23°C 85% RH 38°C 90% RH	g/m ² .24 hrs	0.9 4.0	0.7 3.6
Oxygen	ASTM F 1927	23°C 85% RH 25°C 0% RH	cc/m ² .24 hrs	6 6	6 6
Optical: Gloss	ASTM D 2457	45°	units	100	
Haze (wide angle)	ASTM D 1003	2.5°	%	2-3	
Coefficient of friction (film to film)	ASTM D 1894	Static A/P Dynamic A/P		0.20-0.30 0.20-0.30	
Sealing range	Innovia Films test	2 secs; A/A 0.10 MN/m ² P/P	°C	85-145 105-145	
Seal strength	Innovia Films test	130°C; 2 secs; A/A 0.10 MN/m ² P/P	g(f)/25mm	>400 >400	
Shrinkage	Innovia Films test	60 secs at 120°C	% MD	4.0	
		60 secs at 130°C	TD	Nil	
			MD	7.0	
			TD	1.0	

All properties are tested under standard laboratory conditions: 23 ±2°C; 50 ±5% RH, unless otherwise stated. Where relevant, tests are based on international testing standards.

MD Machine Direction TD Transverse Direction A Acrylic Surface P PVdC Surface

Propafilm™ RXP+

Film en polypropylène biaxial orienté (BOPP) recouvert sur les deux côtés d'une dispersion aqueuse de chlorure de polyvinylidène (PVdC).



Caractéristiques principales :

- Faible perméabilité à l'humidité, aux arômes et aux gaz
- Thermosoudable sur les deux côtés par soudure à ouverture pelable
- Surface d'impression d'un côté, surface d'étanchéité de l'autre côté
- La résistance à la perforation et aux chocs est maintenue même à basse température
- Bonnes propriétés anti-condensation
- Utilisable pour l'emballage de fromage, remplissage et scellement

Technical Properties (Typical Values)

Property	Test Method	Test Conditions	Units	RXP+
Thickness	Innovia Films test		micron	32
Yield	Innovia Films test		m ² /kg g/m ²	33.6 29.8
Permeability to: Water vapour	ASTM F 1249	23°C 85% RH 38°C 90% RH	g/m ² .24 hrs	0.5 3.6
Oxygen	ASTM F 1927	23°C 0% RH 25°C 0% RH	cc/m ² .24 hrs	15 15
Optical: Gloss	ASTM D 2457	45°	units	>100
Haze (wide angle)	ASTM D 1003	2.5°	%	2-3
Coefficient of friction (film to film)	ASTM D 1894	Static/ Dynamic		0.20-0.30 0.20-0.30
Sealing range	Innovia Films test	2 secs; 0.10 MN//m ²	°C	95-145
Seal strength	Innovia Films test	130°C; 2 secs; 0.10 MN/m ²	g(f)/25mm	350
Shrinkage	Innovia Films test	60 secs at 120°C 60 secs at 130°C	% MD TD MD TD	4.0 Nil 7.0 1.0

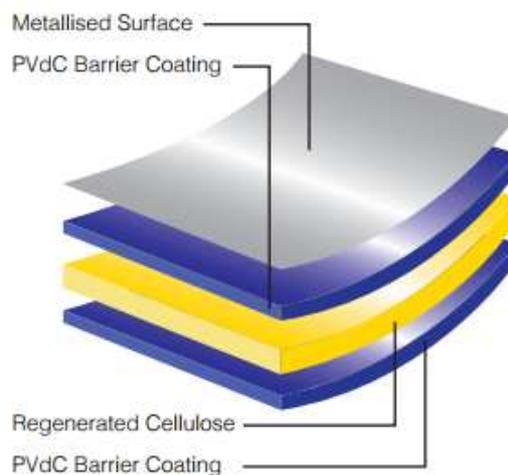
All properties are tested under standard laboratory conditions: 23 ±2°C; 50 ±5% RH, unless otherwise stated. Where relevant, tests are based on international testing standards.

MD Machine Direction TD Transverse Direction

3.1.2. Films non-biodégradables métallisés

StarTwist XM

Film en cellulose régénérée recouverte sur les deux côtés de chlorure de polyvinylidène (PVdC) copolymère et métallisée sur un côté.



Caractéristiques principales :

- Faible perméabilité à l'humidité, aux arômes et aux gaz
- Excellente barrière au rayonnement lumineux et aux rayons UV
- Thermosoudable sur le côté non métallisé (grâce à la couche métallisée)
- Brillance et luminosité élevées
- Résistant aux huiles et aux graisses

Technical Properties (Typical Values)

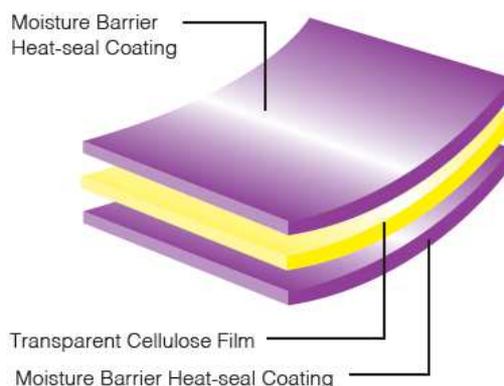
Property	Test Basis	Test Conditions	Units	StarTwist XM 315
Thickness	Futamura Test		Micron	21.9
Yield	Futamura Test		m ² /kg g/m ²	31.7 31.5
Permeability to: Water vapour	ASTM E 96	38°C 90% RH	g/m ² .24 hrs	10
Oxygen	ASTM F 1927	23°C 50% RH	cc/m ² .24 hrs	1
Optical: Optical density	Futamura Test			2.5
Coefficient of friction (film to film)	ASTM D 1894	Metallised surface Non-metallised surface	Static / Dynamic	0.50 / 0.45 0.30 / 0.30
Tensile strength	ASTM D 882		MN/m ² MD TD	125 70
Elongation at break	ASTM D 882		% MD TD	22 70
Elasticity modulus (1% secant)	ASTM D 882		MN/m ² MD TD	≥1200 ≥600
Sealing range	Futamura Test	0.5 secs; 69 kN/m ²	°C	110-160
Seal strength	Futamura Test	135°C: 0.5 secs; 69 kN/m ²	g(f)/38mm	190

All properties are tested under standard laboratory conditions: 23±2°C; 50±5% RH, unless otherwise stated.
Where relevant, tests are based on international testing standards.
MD - Machine Direction TD - Transverse Direction

3.1.3. Films biodégradables transparents

NatureFlex™ NK

Film barrière, compostable et transparent. La présence d'une petite quantité de PVdC permet d'optimiser les propriétés de barrière.



Caractéristiques principales :

- Faible perméabilité à l'humidité, aux arômes et aux gaz
- Certifié compostable en milieu industriel et domestique, également apte à la digestion anaérobie
- Thermosoudable des deux côtés et option d'impression
- Transparence et brillance excellentes
- Résistant aux huiles et aux graisses

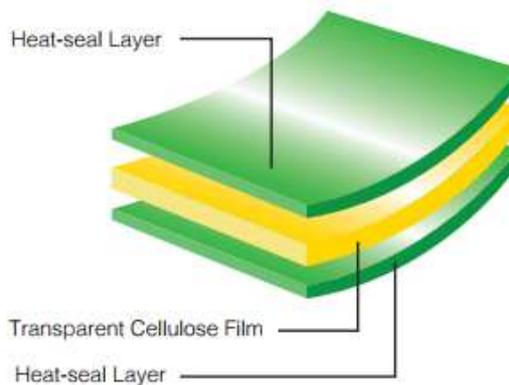
Technical Properties (Typical Values)

Property	Test Basis	Test Conditions	Units	NK			
				19μ	23μ	30μ	45μ
Thickness	Futamura Test		Micron	19.4	23.3	29.9	45.0
Yield	Futamura Test		m ² /kg g/m ²	35.7 28.0	29.9 33.5	23.3 43.0	15.5 64.5
Permeability to: Water vapour	ASTM E96	38°C 90% RH	g/m ² .24 hrs	20			
Oxygen	ASTM F 1927	23°C 0% RH 23°C 50% RH	cc/m ² .24 hrs	1.0 5.0			
Optical: Gloss Haze (wide angle)	ASTM D 2457	45°	units	105			
	ASTM D 1003	2.5°	%	5.5			
Coefficient of friction (film to film)	ASTM D 1894	Static Dynamic		0.35 0.30			
Tensile strength	ASTM D 882		MN/m ²	MD TD	125 70		
Elongation at break	ASTM D 882		%	MD TD	22 70		
Elasticity modulus (1% secant)	ASTM D 882		MN/m ²	MD TD	≥1200 ≥600		
Sealing range	Futamura Test	0.5 secs; 69 kN/m ²	°C	115-170			
Seal strength	Futamura Test	135°C; 0.5 secs; 69 kN/m ²	g(f)/25mm	225			

All properties are tested under standard laboratory conditions: 23±2°C; 50±5% RH, unless otherwise stated.
Where relevant, tests are based on international testing standards.
MD - Machine Direction TD - Transverse Direction

NatureFlex™ NE

Film barrière, compostable et transparent.



Caractéristiques principales :

- Faible perméabilité à l'humidité, aux arômes et aux gaz
- Certifié compostable en milieu industriel et domestique, également apte à la digestion anaérobie
- Thermosoudable des deux côtés
- Bonne transparence et brillance
- Résistant aux huiles et aux graisses

Technical Properties (Typical Values)

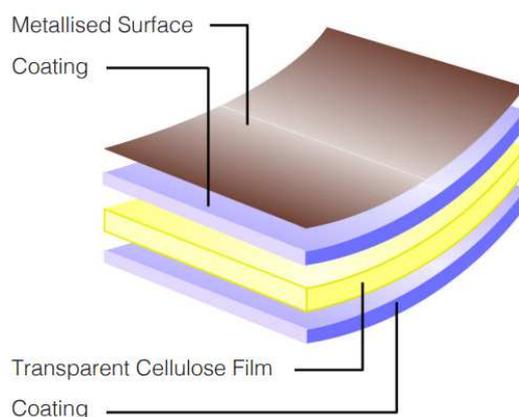
Property	Test Basis	Test Conditions	Units	NE			
				19μ	23μ	30μ	42μ
Thickness	Futamura Test		Micron	20.1	23.3	29.9	41.7
Yield	Futamura Test		m ² /kg g/m ²	34.5 29.0	29.9 33.5	23.3 43.0	16.7 60.0
Permeability to: Water vapour	ASTM E96	25°C 75% RH	g/m ² .24hrs	15			
Oxygen	ASTM F 1927	23°C 0% RH	cc/m ² .24 hrs	1.0			
		23°C 50% RH		5.0			
Optical: Gloss	ASTM D 2457	45°	units	90			
Haze (wide angle)	ASTM D 1003	2.5°	%	6.0			
Coefficient of friction (film to film)	ASTM D 1894	Dynamic		0.35			
Tensile strength	ASTM D 882		MN/m ² MD TD	125 70			
Elongation at break	ASTM D 882		% MD TD	22 70			
Elasticity modulus (1% secant)	ASTM D 882		MN/m ² MD TD	≥1200 ≥600			
Sealing range	Futamura Test	0.5 secs; 69 kN/m ²	°C	80-200			
Seal strength	Futamura Test	135°C; 0.5 secs; 69 kN/m ²	g(f)/25mm	>400			

All properties are tested under standard laboratory conditions: 23±2°C; 50±5% RH, unless otherwise stated.
Where relevant, tests are based on international testing standards.
MD - Machine Direction TD - Transverse Direction

3.1.4. Films biodégradables métallisés

NatureFlex™ NM

Film compostable métallisé haute performance.



Caractéristiques principales :

- Faible perméabilité à l'humidité, aux arômes et aux gaz
- Excellente barrière au rayonnement lumineux et aux rayons UV
- Certifié compostable en milieu industriel et domestique, également apte à la digestion anaérobie
- Thermosoudable sur le côté non métallisé

- Brillance et luminosité élevées
- Résistant aux huiles et aux graisses

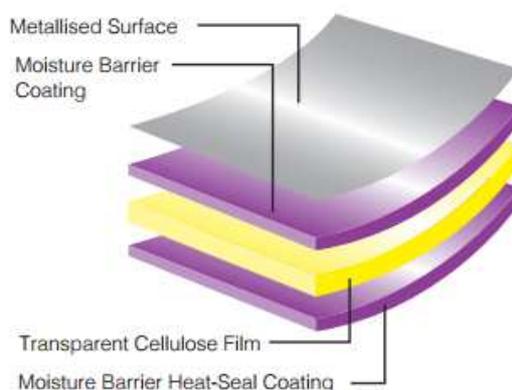
Technical Properties (Typical Values)

Property	Test Basis	Test Conditions	Units	NM		
				23μ	30μ	45μ
Thickness	Futamura Test		Micron	23.3	29.9	45.0
Yield	Futamura Test		m ² /kg g/m ²	29.9 33.5	23.3 43.0	15.5 64.5
Permeability to: Water vapour	ASTM E96	38°C 90% RH	g/m ² .24 hrs	10		
Oxygen	ASTM F 1927	23°C 0% RH 23°C 50% RH	cc/m ² .24 hrs	<1.0 1.0		
Optical: Optical Density	Futamura Test			2.5		
Coefficient of friction (film to film)	ASTM D 1894	Metallised surface Non-metallised surface		0.4		
				0.3		
Tensile strength	ASTM D 882		MN/m ²	MD TD	125 70	
Elongation at break	ASTM D 882		%	MD TD	22 70	
Elasticity modulus (1% secant)	ASTM D 882		MN/m ²	MD TD	≥1200 ≥600	
Seal strength	Futamura Test	135°C; 0.5 secs; 69 kN/m ²	g(f)/25mm	200		

All properties are tested under standard laboratory conditions: 23±2°C; 50±5% RH, unless otherwise stated.
Where relevant, tests are based on international testing standards.
MD - Machine Direction TD - Transverse Direction

NatureFlex™ NKM

Film compostable métallique à barrière. La présence d'une petite quantité de PVdC permet d'optimiser les propriétés de barrière.



Caractéristiques principales :

- Faible perméabilité à l'humidité, aux arômes et aux gaz
- Excellente barrière au rayonnement lumineux et aux rayons UV

- Certifié compostable en milieu industriel et domestique, également apte à la digestion anaérobie
- Thermosoudable sur le côté non métallisé
- Brillance et luminosité élevées
- Résistant aux huiles et aux graisses

Technical Properties (Typical Values)

Property	Test Basis	Test Conditions	Units	NKM 23μ
Thickness	Futamura Test		Micron	23.3
Yield	Futamura Test		m ² /kg g/m ²	29.9 33.5
Permeability to: Water vapour	ASTM E96	38°C 90% RH	g/m ² .24 hrs	10
Oxygen	ASTM F 1927	23°C 0% RH 23°C 50% RH	cc/m ² .24 hrs	0.5 1.0
Optical: Optical Density	Futamura Test			2.5
Coefficient of friction (film to film)	ASTM D 1894	Metallised surface Non-metallised surface		0.4 0.3
Tensile strength	ASTM D 882		MN/m ² MD TD	125 70
Elongation at break	ASTM D 882		% MD TD	22 70
Elasticity modulus (1% secant)	ASTM D 882		MN/m ² MD TD	≥1200 ≥600
Sealing range	Futamura Test	0.5 secs 69 kN/m ²	°C	115-170
Seal strength	Futamura Test	135°C; 0.5 secs; 69 kN/m ²	g(f)/25mm	225

3.1.5. Analyse des coûts

Les films barrières offrent d'excellentes performances techniques, mais sont nettement plus chers que les films non-barrières. En particulier, les films biodégradables peuvent coûter jusqu'à 4 fois plus cher que les films traditionnels non-barrières. Une évaluation comparative (coût relatif) des différents films proposés est présentée dans le Tableau 4 ci-dessous.

Tableau 4 Coûts relatifs des films barrières par rapport aux films non-barrières

Typologie de film	Coût relatif
Film co-extrudé BOPP 25 μm	100
Propafilm™ FFX 31 μm	205
Propafilm™ RDU 26 μm	210
Propafilm™ RXP+ 26 μm	205

NatureFlex™ NK 30 µm	320
NatureFlex™ NE 30 µm	320
NatureFlex™ NM 23 µm	385
NatureFlex™ NKM 23 µm	385

3.1.6. Emballage secondaire avec étuis en carton

Le conditionnement d'herbes aromatiques séchées en sachets « coussins » est déjà utilisé par certains producteurs, mais il peut y avoir des contre-indications. En particulier, ce type d'emballage n'est pas en mesure de garantir une résistance mécanique élevée contre les chocs qui peuvent se produire, par exemple lors de la manipulation et du déplacement de l'emballage, ce qui pourrait entraîner la rupture et/ou la pulvérisation du produit. Pour vérifier ce problème, l'emballage peut être placé à l'intérieur d'étuis en carton (Fig. 10). Entre autres, cette solution peut également améliorer l'esthétique du produit final et offrir une meilleure protection contre les rayonnements lumineux.



Fig. 10. Étui en carton utilisé comme emballage secondaire pour contenir le sachet « coussin » contenant des herbes aromatiques.

3.1.7. Barquettes pour emballeuse flow pack horizontale

Pour le conditionnement des herbes aromatiques séchées par emballeuse flow pack horizontale, il est indispensable d'utiliser des supports rigides, car ce type de machine ne permet pas d'emballer des produits en granulés, poudres ou de petite taille. Ces supports peuvent être des barquettes ou des plateaux en plastique, carton ou bois pour contenir les différents types d'herbes aromatiques. Étant donné que ces supports ont une fonction exclusivement mécanique dans cette application spécifique, leur choix peut se faire sur la base de critères presque exclusivement esthétiques et éventuellement liés à la durabilité environnementale, à condition que les matériaux sélectionnés soient adaptés au contact alimentaire. Les figures 11 et 12 sont données à titre d'exemple.

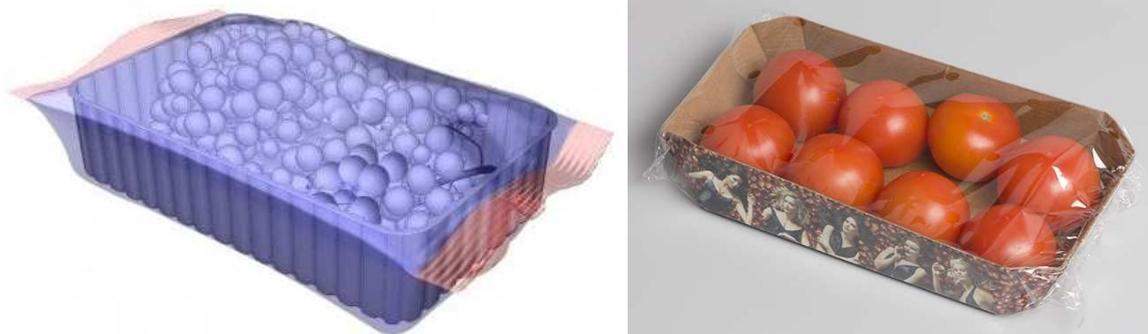


Fig. 11. Plateau en matériau polymère emballé avec machine flow pack horizontale.

3.2. MATÉRIAUX D'EMBALLAGE POUR THERMOUSOUEUSES (OU THERMOSCELLEUSES)

Pour ce type de machines, on peut utiliser une large gamme de barquettes rigides en plastique. Sur la base de notre expérience, nous proposons l'utilisation de barquettes en PP-EVOH-PP avec des propriétés barrières élevées à l'oxygène, aux arômes, aux gaz en général et à l'humidité. De nombreuses tailles et couleurs sont disponibles.

Le film de thermosoudure proposé est en PET-PP, non pelable et thermoscellable sur le polypropylène. Il est également transparent, neutre ou imprimable, avec des propriétés barrières élevées à l'oxygène, aux arômes, aux gaz en général et à l'humidité.

Les informations techniques (Tableau 5) et les images des barquettes en PP-EVOH-PP (Fig. 13) indiquées ci-dessous à titre d'exemple sont produites par Tecnofood Pack, une société présente sur le marché national et européen depuis des décennies.

Tableau 5 Propriétés barrières typiques des films en PET-PP et des barquettes en PP-EVOH-PP.

Type de produit	Perméabilité	
	H2O (g/m ² .24hrs) 38°C 90 %HR	O2 (cc/m ² .24hrs) 23°C 0 %HR
Film PET 14X my + ADES + PP 50 my NON PELABLE	< 8	< 10
Plateau PP-EVOH-PP	12-25*	0,076

* condition du test 40°C 90 %HR



Fig. 13 Typologies différentes de barquettes en PP-EVOH-PP.

3.3. MATÉRIAUX D'EMBALLAGE POUR EMBALLEUSES À CLOCHE

Pour ce type de machine, on utilise normalement des sachets préformés en matériau polymère thermosoudable.

Une variante de ce groupe est l'enveloppe *stand up pouch* ou *doypack* avec fermeture par pression refermable (Fig. 13). Ces enveloppes préformées sont thermosoudables et ont un fond plat caractéristique qui permet à l'enveloppe de rester debout toute seule. De plus, la fermeture par pression refermable permet une utilisation facile et pratique, ce qui la rend idéale pour les produits à utiliser plusieurs fois après la première ouverture de l'emballage et est fréquent dans le cas des herbes aromatiques séchées.



Fig. 14. Enveloppes stand up avec fermeture par pression refermable en matériaux polymères poly-couplés de Swisspac.



Fig. 15. À gauche, enveloppes stand up avec fermeture par pression refermable en papier couplé avec film polymère de Swisspac. À droite, des exemples de personnalisation des enveloppes stand up.

Des enveloppes stand up en différents matériaux sont disponibles dans le commerce. En plus des enveloppes classiques fabriquées avec des films polymères poly-couplés (Fig. 14), il existe également des enveloppes en papier couplé avec des films polymères capables de donner un aspect et une valeur communicative accrue à l'emballage, ce qui donne une impression d'artisanat et de naturel (Fig. 15). Elles peuvent aussi avoir des « fenêtres » de différentes formes et tailles qui permettent au consommateur de voir le produit. De plus, elles sont imprimables et peuvent donc être personnalisées en fonction de vos besoins de marketing (Fig. 15).

Sur le plan technique, il existe des enveloppes stand up dotées de propriétés barrières adaptées à l'application prévue. Des emballages entièrement biodégradables à base de cellulose sont également disponibles, mais avec des propriétés de perméabilité au gaz plus faibles que les précédents.

3.4. COMPARAISON ENTRE LES SYSTÈMES DE CONDITIONNEMENT IDENTIFIÉS

Chacun des différents systèmes de conditionnement proposés a ses points forts et ses points faibles.

Les systèmes flow pack sont capables de fournir une productivité élevée car ils se composent de procédés de conditionnement en continu. Ils prévoient toutefois un investissement initial plus élevé que les autres types de machines d'emballage proposés. Le conditionnement avec flow pack vertical ne permet pas de protéger efficacement contre les chocs. Ce point critique peut être surmonté en insérant l'emballage dans un étui en carton. Cependant, cette solution entraîne une réduction de la productivité car l'opération d'insertion de l'emballage dans l'étui est manuelle. En ce qui concerne le conditionnement avec flow pack horizontal, il est nécessaire d'effectuer une opération préalable de remplissage des barquettes qui seront ensuite emballées à l'intérieur du film. Ceci doit être fait manuellement dans certains cas.

Les systèmes de conditionnement par thermosoudage en matériau rigide offrent au produit une plus grande protection contre les chocs et évitent des phénomènes tels que l'émiettement. Cependant, l'esthétique des emballages n'est pas très attrayante et il n'y a pas de matériaux respectueux de l'environnement dotés des propriétés technologiques requises.

Les emballeuses à cloche ont une productivité très faible et nécessitent de nombreuses opérations manuelles. Cependant, l'investissement initial nécessaire est faible et en utilisant des enveloppes stand up, il est possible de garantir une protection adéquate contre les chocs et d'obtenir des emballages esthétiquement attrayants.

Toutes les technologies proposées, à l'exception de la thermosoudure et du conditionnement à cloche, sont potentiellement respectueuses de l'environnement car des matériaux biodégradables présentant des caractéristiques technologiques appropriées sont disponibles sur le marché. Les principaux avantages et inconvénients de chaque système de conditionnement sont présentés dans le Tableau 6 afin de résumer ces caractéristiques de manière schématique.

Tableau 6 Résumé des caractéristiques principales des systèmes de conditionnement proposés (●=bas ; ●●●●●=élevé).

Système de conditionnement	Investissement initial	Productivité	Protection contre les chocs	Esthétique de l'emballage	Matériaux durables	Procédé continu
Conditionnement Flow Pack vertical	●●●	●●●●●	●●	●●●●	Disponibles	Oui
Conditionnement Flow Pack vertical + étui extérieur	●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	Disponibles	En partie
Conditionnement Flow Pack horizontal (complètement automatique)	●●●●●	●●●●●	●●●●	●●●	Disponibles	Oui
Conditionnement Flow Pack horizontal (remplissage manuel des barquettes)	●●●●	●●●	●●●●	●●●	Disponibles	En partie
Thermosoudée	●●	●●	●●●●●	●●	Peu disponibles, avec barrière réduite	Non
Emballeuses à cloche	●	●	●●●	●●●●●	Disponibles, avec barrière réduite	Non

3.5. EMBALLAGES ACTUELLEMENT UTILISÉS POUR LES HERBES AROMATIQUES SÉCHÉES

Les herbes aromatiques séchées peuvent être emballées dans une variété de formats et de matériaux.

La solution la plus simple et la plus largement utilisée à cet effet est représentée par des pots de différentes formes et matériaux, étant principalement en verre et matières plastiques. Ces emballages sont pratiques, refermables et résistants aux chocs, mais ne permettent pas l'emballage sous atmosphère modifiée.



Les types d'emballages proposés dans ce rapport sont présents sur le marché, mais moins répandus. En particulier, aucune herbe aromatique n'a été trouvée conditionnée sous atmosphère modifiée.



4. CONCLUSIONS

- Le choix de la technologie pour le conditionnement des herbes séchées dépend de considérations liées, d'une part, à l'investissement initial prévu et, de l'autre, aux performances attendues de l'emballage, à la productivité attendue et aux caractéristiques esthétiques souhaitées de l'emballage.
- Le conditionnement pour l'expérimentation sera prévu sous atmosphère modifiée, composée par 100 % d'azote de qualité alimentaire.
- En ce qui concerne les matériaux d'emballage, le choix est étroitement lié à la technologie choisie. Dans tous les cas, en plus des matériaux traditionnels et/ou barrière, des matériaux éco-compatibles (biodégradables et/ou compostables) sont disponibles sur le marché, même si pour certaines technologies ces derniers ne garantissent pas de performances comparables à celles des technologies conventionnelles.

5. BIBLIOGRAPHIE

- [1] Piante officinali in Italia: un'istantanea della filiera e dei rapporti tra i diversi attori (2013). Osservatorio Economico del settore delle piante officinali - ISMEA.
- [2] Storia delle erbe aromatiche (2014). Provincia di Asti. G. Molinari., D. Tirello., F. Novello., L. Bertino., F. Guarneri., D. Sappa.
- [3] Disciplinare per il settore spezie ed erbe aromatiche. Marchio di qualità Alto Adige/Südtirol - L.P. 12/2005. Decreto n. 9706 DD. 11.07.2016.
- [4] Food packaging: Materiali, tecnologie e soluzioni (2010). L. Piergiovanni., S. Limbo. Springer-Verlag Italia.
- [5] Packaging and storage of herbs and spices, in Handbook of Herbs and Spices, Volume 3, edited by K.V. Peter (2006). K. King., G. Garden.
- [6] Volatiles from herbs and spices, in Handbook of herbs and spices, Volume 3, edited by K.V. Peter (2006). T. J. Zachariah., N. K. Leela.
- [7] Stability of Essential Oils: A Review (2013). C. Turek., F. C. Stintzing. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.
- [8] PE-Based Multilayer Film Structures, in Plastic Films in Food Packaging: Materials, Technology, and Applications, edited by S. Ebnesajjad (2013). T. I. Butler., B. A. Morris.
- [9] Development of High-Barrier Film for Food Packaging, in Plastic Films in Food Packaging: Materials, Technology, and Applications, edited by S. Ebnesajjad (2013). M. Fereydoon., S. Ebnesajjad.
- [10] Food Packaging Machinery, in Plastic Films in Food Packaging: Materials, Technology, and Applications, edited by S. Ebnesajjad (2013). H. A. Hughes.
- [11] <http://www.izsalimento.izsto.it/palimenti/index.php/conservazionecibi/altro/96-conservazione-dei-cibi/altro/89-confezionamentoinatmosferamodificata>
- [12] http://www.airproducts.com/microsite/com/MAP_selector/results/DriedFoodProducts.htm
- [13] Effect of Modified Atmosphere Packaging (MAP) on the Moisture and Sensory Property of Saffron (2017). F. J. Mozdhehi., N. Sedaghat., S. A. Y. Ardakani. (2017). MOJ Food Process Technology.
- [14] <https://modifiedatmospherepackaging.com/~media/Modifiedatmospherepackaging/Brochures/MAP-Poster-Guide-2014.ashx>
- [15] <http://www.airproducts.com/microsite/fresh-ideas/pdf/food-and-modified-atmosphere-packaging.pdf>
- [16] <http://www.innoviafilms.com/InnoviaFilms/media/InnoviaFilms/Brochures/Packaging/Barrier-Films-Brochure.pdf>