

تعبئة الأغذية Food Packaging

الأستاذ الدكتور / محمد مدهت موسى

الأستاذة الدكتورة/ ملاك أحمد الصمن الدكتورة/ منال سعيد توفيق

قسم علوم وتكنولوجيا الأغذية
كلية الزراعة - جامعة الإسكندرية

الناشر

مكتبة المعارف الحريثة

٢٣ ش تاج الرؤساء سابا باشا الإسكندرية

ت: ٥٤٤٥٥٥١ - ٥٨٢٦٩٠٢

23- تعبئة الأغذية

Food Packaging

الأستاذ الدكتور / محمد مدهت موسى

الدكتورة/ منال سعيد توفيق

الأستاذة الدكتورة/ ملاك أحمد الصحن

رقم الصفحة

1	مقدمة	1-23
5	خامات ومواد تعبئة الأغذية	2-23
7	الألياف المنسوجة	1-2-23
7	الزجاج	2-2-23
11	المعادن	3-2-23
17	الورق ، الورق المقوى ، والكرتون	4-2-23
19	اللدائن (البلاستيك)	5-2-23
34	الأغشية والأغطية القابلة للأكل	6-2-23
49	التفاعل بين الغذاء والعبوة (الهجرة والهجرة المضادة)	3-23
52	دلالة الهجرة	1-3-23
54	خواص وتركيب مواد سببه كموامل مؤثرة على الهجرة	2-3-23
59	تأثير مواد التعبئة على الرائحة والمذاق واللون	3-3-23
60	خواص وتركيب الأغذية كموامل مؤثرة على الهجرة	4-3-23
61	التعبئة في جو معدل	4-23
63	مميزات وعيوب التعبئة في جو معدل	1-4-23
63	طرق تعديل الجو داخل العبوة	2-4-23
64	أجهزة التعبئة الغازية	3-4-23
66	دور الغازات المستعملة في التعبئة الغازية	4-4-23
72	تطبيقات التعبئة في جو معدل	5-4-23
81	أمان وسلامة الأغذية المعبأة في جو معدل	6-4-23
82	الأمان الميكروبي لمواد التعبئة والتغليف	5-23

رقم الصفحة		
84	ميكروبيولوجيا الأغذية المعبأة	6-23
87	إعادة الاستعمال، إعادة التكوير، والتخلص من العبوات المستعملة	7-23
88	نسب الطاقة للمواد الخام الأولية (البكر) و الثانوية (المستعملة)	1-7-23
91	التخلص من النفايات	2-7-23
94	المراجع	8-23

23 - 1 مقدمة:

تطورت تعبئة وتغليف الأغذية بخطى واسعة في العقود الأخيرة نتيجة استجابة التصنيع الغذائي للتغير في الظروف الاجتماعية والاقتصادية والتعليمية لأفراد المجتمع . حيث زاد عدد العائلات صغيرة الحجم وغير المتزوجين وزاد دخل هذه العائلات الصغيرة وقل الوقت المتاح لتحضير الوجبات الغذائية وزاد الاعتماد على الأغذية والوجبات سابقة التجهيز . بزيادة التعليم وانتشار الوعي بالأمور الصحية، بدأ النظر للأغذية المعبأة على أنها أكثر راحة وربما أكثر سلامة وأعلى جودة وقيمة تغذوية . وحتى تسهم عبوات الأغذية وتتكامل مع الحياة العصرية، فإنها أصبحت متوفرة ومقاومة للتلف ومناسبة لأفران الميكروويف ويسهل فتحها وإعادة غلقها وتديرها .

نتيجة التقدم في تقنية البثق المزدوج coextrusion للدائن (البلاستيك) plastics وتركيب الرقائق على بعضها lamination، أمكن تصنيع عبوات تغطي مجالاً واسعاً من الخواص التي تناسب عدة مستويات من الحماية المطلوبة للأغذية والمشروبات . وكان استبدال العبوات المعدنية والزجاجية بالدائن حديثاً فريداً حيث استخدمت أكياس اللدائن المرنة، زجاجات اللدائن القابلة للإنضغاط squeezable، أو عمية اللدائن نصف الصلبة semirigid، صواني عديد الستيرين الرغوية polystyrene foam trays، وزجاجات عديد الإيثيلين تيرفثالات (PET) polyethylene terphthalate للمشروبات غير الكحولية soft drinks . وأدى إنتشار أفران الميكروويف - في الخارج - إلى وفرة إنتاج العبوات التي تلائمها وكذلك عبوات اللدائن التي تتحمل التعقيم retortable .

ورغم أن تعبئة الأغذية تعتبر من الصناعات الناضجة، إلا أنها تواجه تحديات إجتماعية وإقتصادية مع اعتبارات السلامة في المقام الأول، فمثلاً قد يزداد نمو الميكروبات المرضية في المنتجات المعبأة في جو معدل (MAP) modified atmosphere packaging نتيجة التداول والتخزين في ظروف غير ملائمة وكذلك تهجر المركبات ذات الوزن الجزيئي المنخفض والضارة من مواد العبوات إلى الأغذية التي تحتويها . ويمكن أن تلخص وظائف function العبوة في أنها تحوى containing الناتج الغذائي، وتحمي protection من التلف الفيزيقي والكيمارى حيث تعمل كحاجز بين الغذاء وبين الأكسجين والرطوبة والمواد

الكيمائية والميكروبات، وتلائم convenience حيث تسهل تداول واستخدام الغذاء مثل قابليتها للتسخين في الميكروويف microwavability وسهولة فتح العبوة ease of opening والقابلية لإعادة الغلق reseability، وتوصل وتنقل conveying المعلومات عن مكونات الغذاء وخصائصه وقيمه التغذوية والظروف المناسبة لحفظ العبوة وكيفية تحضير الغذاء واسم المنتج أو الصانع أو المعبئ وتاريخ الإنتاج وإنهاء الصلاحية ورقم التشغيلة ... إلخ، وتسوق marketing فيجب أن تكون العبوة ذات مظهر جذاب تحث المستهلك على شرائها.

أولاً: الإعتبارات الواجب مراعاتها في تعبئة الأغذية:

يشمل نظام تعبئة الأغذية على عدة مكونات منها الناتج الغذائي الذي سيعبأ، خطوات التصنيع، ماكينة التعبئة، العبوة، العوامل البيئية، نظام التوزيع، التخلص من الفضلات، العوامل الإقتصادية، التسويق، والتشريعات الحكومية. ترتبط هذه المكونات ببعضها البعض ارتباطاً وثيقاً ويؤثر أى تغيير فى أحداها على كل أو بعض المكونات الأخرى. فيؤدى التغيير فى توليفة الناتج الغذائى إلى تغيير فى مواد التعبئة، كما قد يؤدى تغيير حجم العبوة إلى تغيير نظام ماكينة التعبئة ونظام التوزيع. لذلك يجب إجراء ضبط أمثل بين كل هذه المكونات حتى لا يحدث نقص أو تكس فى الناتج الغذائى المعبأ.

يجب مراعاة عمر التخزين (مدة الصلاحية أو الاحتفاظ بالجودة على الرف) shelf-life عند تعبئة المنتجات الغذائية خاصة سريعة التلف perishable وهو يعتمد بدوره أيضاً على الجودة الأولية للناتج الغذائى وكمية التغيير المسموح بها فى الجودة، والظروف البيئية السائدة، والخواص الحاجزة barrier لمواد التعبئة، ومقدرتها على التناسق (التساوق) compatibility مع الناتج الغذائى. ويقدر العمر التخزينى بتجارب تخزين واقعية أو متسارعة أو بواسطة المحاكاة بالحاسوب. وعند تقدير عمر التخزين فإنه يلزم توفر بعض المعلومات مثل مدى ثبات الناتج الغذائى، الظروف المثلى لتخزينه، حجم العبوة ونوعها، سمك مادة التعبئة التى تحفظ البيئة بداخلها عند الظروف المثلى، وأيضاً احتياجات التوزيع والتسويق.

من أهم الإعتبارات الواجب مراعاتها عند تطوير عبوات الأغذية هو ثبات الناتج الغذائى الذى يمكن أن يتعرض لعدة صور من التدهور مثل أكسدة اللبيدات، فقد أو اكتساب

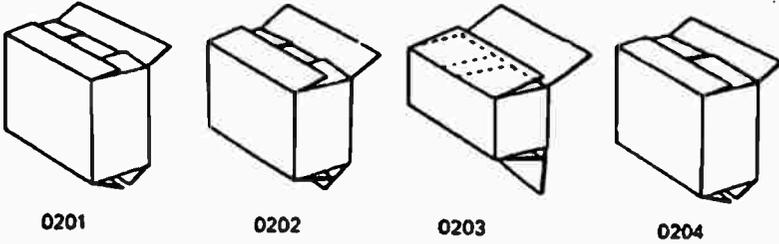
الرطوبة، الدكانة غير الإنزيمية، التدهور الإنزيمى، النمو الميكروبي، فقد المكونات التغذوية، أو تغير اللون والنكهة والقوام... إلخ. وتعتمد كفاءة تخزين العبوة الغذائية على الجودة الأولية وطبيعتها الفيزيائية والكيميائية والخواص الحاجزة للعبوة. وتحدد العوامل الإقتصادية نجاح أو فشل العبوة الغذائية، وينظر إلى تكاليفها الكلية على أنها مجموع تكلفة المواد الخام، التصنيع، التوزيع، التخلص من الفضلات، تنشيط المبيعات promotion، والتطوير. ويجب إجراء بحوث التسويق لتحديد الدورة العمرية life cycle للناتج وتحديد سعره وسياسة التوزيع والتعرف على حجم ومقدرة السوق لإستيعاب منتجات جديدة. كما يحتاج إلى التصميم الشكلي graphic الجيد للعبوة لتحقيق أهداف الإتصال والجازبية بين البائع والمشتري ولتبيع الناتج. ويراعى عند تطوير العبوة الغذائية إختبار واعتبار طراز ماكينة التعبئة المستخدمة.

عند تقدير عمر التخزين shelf - life يجب تعريف معايير القبول acceptance criteria للناتج الغذائى من خلال المعلومات المنشورة عن طرق تدهوره. فمثلاً فى الأغذية الحساسة للرطوبة مثل الغلال ومنتجاتها فإن الرطوبة الحرجة critical المكتسبة تعتبر هى المحددة لمعايير القبول. أما فى الأغذية الحساسة للأكسجين التى تحتوى على نسبة عالية من الدهون غير المشبعة فإن الأكسجين الممتص ممثلاً فى رقم البيروكسيد peroxide No. وقيمة حمض الثيوبار بيتيوريك (TBAV) thiobarbituric acid value تستخدم كمعيار على التدهور. كما توجد بعض المنتجات الغذائية الحساسة للعاملين السابقين معاً مثل رقائق البطاطس التى تفقد هشاشتها crispness نتيجة اكتسابها للرطوبة وأيضاً فإنها تتزنخ تأكسدياً باكتساب الأكسجين ويتخذ كلا العاملين كمعيار على القبول. عادة يلزم توفر بيانات حسية وسمية sensory & toxicological data لتقدير أقصى قبول maximum acceptability للناتج الغذائى.

ثانياً : أنواع الأوعية Type of containers :

تقسم عبوات الأغذية إلى أولية primary وثانوية secondary وثالثية tertiary. يقصد بالأوعية الأولية تلك التى تلامس الغذاء مباشرة مثل العلب أو البرطمانات. ويجب أن تكون غير سامة وأن تتواءم (تنسجم) compatible مع الغذاء ولا تكسبه لوناً أو نكهة أو أى تفاعلات كيميائية غريبة. يقصد بالأوعية الثانوية الصناديق أو العلب أو المغلفات wrappers التى تمسك عدة علب أو برطمانات أو أكياس وتجعلها فى شكل وحدة unitize ولا تلامس

الغذاء مباشرة. والأوعية الثانوية جزء ضروري في تعبئة الأغذية، حيث يصعب توزيع الناتج المعبأ في برطمانات زجاجية مثلاً، دون وضعها في كرتونة مموجة corrugated carton لحماية منها من الكسر خلال الشحن والتوزيع والتخزين، كما تمنع تلوث soiling الأوعية الأولية بالملوثات والقاذورات. ويكثر استخدام الألياف الكرتونية المموجة corrugated fiberboard لصناعة كراتين الشحن بمواصفات تصميم محددة تختلف في الحجم والقوة strength على حسب نوع الغذاء الذي سيتم شحنه. ويوضح شكل رقم 1 - 23 عدة تصميمات قياسية لكراتين الشحن المموجة.



شكل رقم 1 - 23: بعض التصميمات القياسية لكراتين الشحن الثانوية المموجة طبقاً لترميز code

الصناديق الدولي (0200).

المصدر: Anonymous (1977).

عادة فإن التلف أثناء الشحن والناشئ من عدم ملاءمة الأوعية الثانوية هو مسؤولية صانع الأغذية وليس متعهد الشحن.

العبوات الثانوية لا تصمم للحماية من بخار الماء والغازات الأخرى - ماعدا في حالات خاصة - حيث أن ذلك هو وظيفة الأوعية (العبوات) الأولية. أما الأوعية الثالثية فهي التي تحزم مجموعة من العبوات الثانوية في وحدة شحن (باليتة) pallet واحدة لتساعد على التداول الميكانيكى بالرافعات الشوكية forklift truck أو غيرها من الأجهزة لكمية كبيرة من الناتج.

23 - 2 خامات ومواد تعبئة الأغذية Food - packaging materials :

يوجد عدد قليل نسبياً من المواد التي تستخدم لتعبئة الأغذية: كالمعادن، الزجاج، الورق والكرتون، اللدائن، وكميات قليلة من ألياف الأخشاب والقطن والكتان (جدول رقم 1-23).

جدول رقم 1-23 : قيمة خامات ومواد التعبئة بالبلليون دولار في عامي 1970 و 1990.

القيمة بالبلليون دولار في عامي		خامات مواد التعبئة
1990	1970	
24.6	7.8	كرتون ولب مشكل
18.6	4.7	معادن
16.0	1.75	لدائن
5.6	2.8	ورق
5.2	2.0	زجاج
2.0	0.6	خشب
0.6	-	منسوجات
72.6	19.65	الجملة

يندرج تحت كل من هذه الأقسام ، مواد تعبئة مختلفة سواء بمفردها أو كمجموعة من المواد، فمثلاً توجد أصناف كثيرة من أغشية عديد البروبيلين polypropylene (PP) بمفرده أو كعديد الطبقات الرقيقة laminates تختلف عن بعضها فى نفاذية الرطوبة أو نفاذية الغاز أو المرونة أو التمدد stretch أو قوة البروز (الإنفداع للخارج أو الداخلى) burst strength وهكذا . ويحتاج الناتج الغذائى الجديد إلى عبوات خاصة نظراً للتغير السريع فى متطلبات الحماية المثلئ والإعتبارات الإقتصادية والتجارية مع التغير فى تركيب الناتج والوزن والشكل والأداء. ويوضح جدول رقم 2-23 النسب المئوية لمواد التعبئة المختلفة المستخدمة مع الأغذية . وتوجد مواد التعبئة فى صور وأشكال forms كثيرة منها :

العلب والإسطوانات المعدنية الصلبة، رقائى الألومنيوم المرنة، الزجاجات والبرطمانات الزجاجية، الطب والزجاجات اللدائنية الصلبة ونصف الصلبة، الشنط والأكياس والمغلفات اللدائنية المفردة ومتعددة الطبقات الرقيقة، حيث يدمج الورق مع اللدائن أو الرقائق المعدنية للحصول على خواص يصعب الوصول إليها من كل نوع منفرداً.

جدول رقم 2-23 : النسب المئوية لأنواع مواد التعبئة التى لها ارتباط مباشر بالأغذية

مواد التعبئة	%
لدائن	66.5
معدن	12.0
ورق وكرتون	12.0
زجاج	0.5
متنوعات	9.0

المصدر : بتصريف من (1994) Campbell.

يجب أن تتحمل عبوات الأغذية عمليات تصنيع إضافية مثل التعقيم التجارى فى معقمات الضغط، تجميد وتفكيك الأغذية المجمدة، وحتى عمليات الطبخ أو الخبيز النهائية فى العبوة. ويجب أن تتوفر فى مواد تعبئة الأغذية إنخفاض التكلفة وأن توفر قوة كافية أثناء التداول والتوزيع، وأن تكون صفاتها الحجزية جيدة، وتوافق عليها السلطات الصحية وتلك المسؤولة عن الأغذية مثل FDA فى الولايات المتحدة. وتشمل تعبئة الأغذية على الأجهزة والماكينات اللازمة لإنتاج مواد التعبئة أو لتعديلها أو لتشكيلها كأوعية نهائية، ووزن وتوزيع الناتج الغذائى (أو المواد الغذائية)، وإحداث تفريغ للعبوات أو دفع flush الغاز، وغلق العبوة النهائية. وتوجد مواد عديدة تستخدم فى صناعة العبوات سواء بمفردها أو باتحاد عدة مواد معاً، والتي سنوضحها بشئ من التفصيل.

23 - 2 - 1 الألياف المنسوجة Woven Fibers :

تغزل الألياف الطبيعية والمصنعة إلى مواد تناسب عبوات الأغذية. وتتميز هذه المواد - حسب طبيعة مكوناتها اللبيفية - بمجموعة من الخواص المشتركة فهى عالية المرونة، مقاومة لحد ما للتمزق، ومنفذة للماء وبخاره. ويكثر استخدام الكتان jute - من الألياف الطبيعية فى الأجلة المساعدة لتعبئة بعض المواد الغذائية ، كما يستخدم القطن مع بعض أنواع السلع، وكلاهما تتعرض أليافه للاحتكاك والتعفن فى حالة البلل. وصنعت مواد أجولة مخلقة من خيوط اللدائن (من عديد البروبيلين PP وعديد الإيثيلين PE)، وهى مقاومة للبلل والتعفن. وتتعرض مواد الأجلة اللدائنية لفقد قوتها وتتنصف brittle بتعرضها لضوء الشمس، وبالتالي فإنه يضاف مواد وقائية للأجلة اللدائنية التى تخزن فى العراء لفترة محدودة - حوالى ثلاثة أشهر، ولكن يصعب تستيفها بسهولة انزلاقها أو قلقلتها slippery .

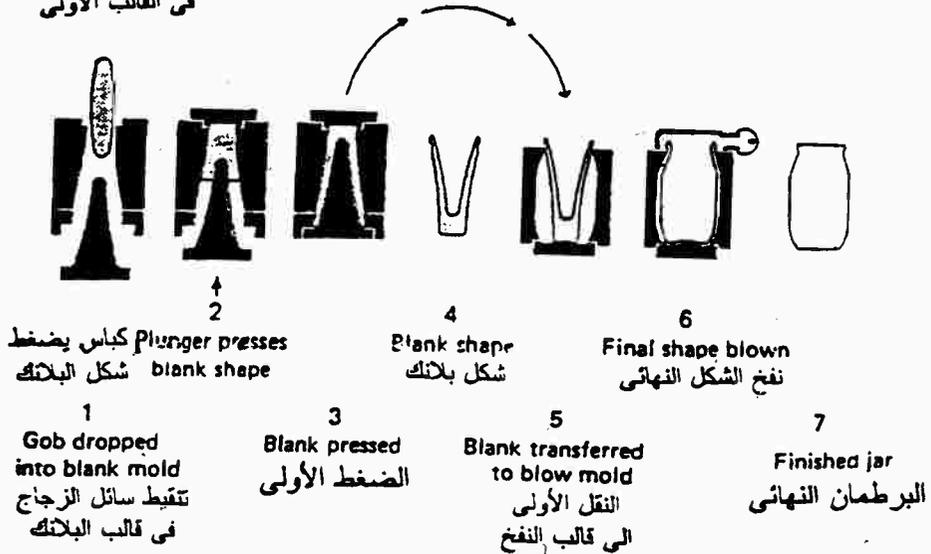
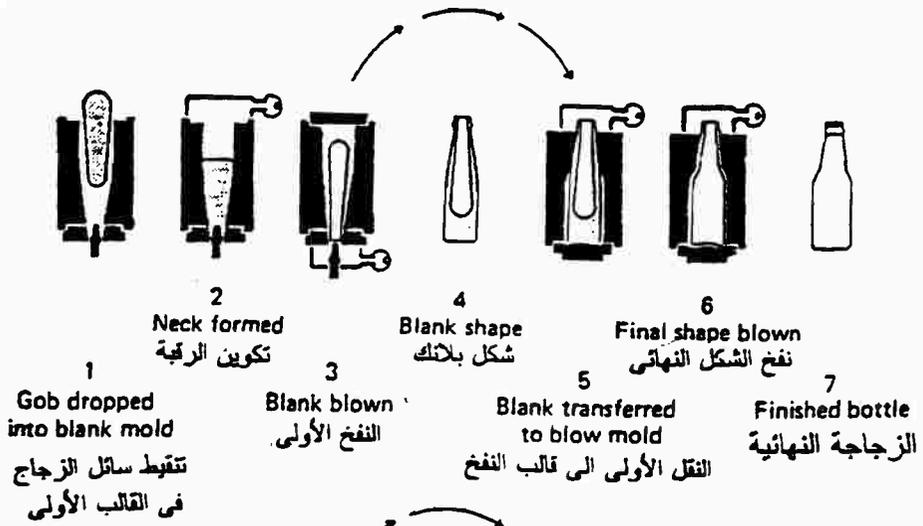
23 - 2 - 2 الزجاج Glass :

تعتبر الأوعية الزجاجية (كالزجاجات والبرطمانات) من أقدم عبوات الأغذية. من الناحية الفيزيائية فإن الزجاج عبارة عن سائل على اللزوجة فائق التبريد حامل كيمائياً، ويتميز بالقوة والصلابة. كما أنه متوفر بكثرة ويمكن إعادة تدويره بالإضافة إلى خواصه الحجزية الممتازة التى تعطى وقاية كاملة ضد نفاذية الغازات والأبخرة. ونتيجة شفافية

الأوعية الزجاجية فإنها تعطى رؤية جيدة للنتائج المعبأ وتوحى بنظافته. من ناحية أخرى، فإن وزن الزجاج وقابليته للكسر تعتبر من أهم عيوبه. ومن الضروري استخدام زجاج سميك نسبياً وثقيلاً ليعطى قوة كافية لمنع كسره نتيجة الضغوط الداخلية - خاصة فى زجاجات المياه الغازية - وصددمات الرص impact والصددمات الحرارية التى يمكن خفضها بأن لا يتعدى فرق درجات الحرارة الداخلية والخارجية عن 44° مئوية، ويتم ذلك بالتدفئة التدريجية للزجاجات قبل التعبئة الساخنة، وبالتبريد التدريجى قبل إجراء التبريد النهائى.

يتركب الزجاج من أكسيد السيليكون (الرمل، SiO₂)، كربونات وبيكربونات الصوديوم، أكسيد الصوديوم (Na₂O)، أكسيد الكالسيوم (CaO) والحجر الجيرى مع كميات قليلة من أكاسيد غير عضوية أخرى. ويمكن تعديل صفات الزجاج كالقوة والشفافية وقابليته للتشكيل بتعديل بسيط فى المكونات. أما القوة الميكانيكية للأوعية الزجاجية فإنها تعتمد على حالة السطح، فوجود خدوش بسيطة عليها تفقدها أكثر من نصف قوتها، ولذلك تغطى هذه السطوح بأغشية تشحيم من الشموع أو السيليكونات للوقاية من الخدوش والكسر التصادمى impact. كما يحدث تلميع لهذه الأسطح المغطاة أثناء تلامسها مع بعضها البعض أثناء عملية الملء الميكانيكى السريع.

تشكل الأوعية الزجاجية من مخلوط مكوناتها بتسخينها إلى 1500° مئوية. ثم تنقل الأوعية الزجاجية بعد تشكيلها إلى أفران التصليب (curing (annealing) لزيادة صلابة (أو تطويع) الزجاج. يؤثر التكوين الكيماوى والتشكيل المناسب للأوعية وزمن ودرجة حرارة التشكيل والتصليب والتبريد للزجاجات والبرطمانات وعمليات الإنتاج الأخرى، على خواص الكسر breakage للأوعية الزجاجية ويمكن خفضها إلى الحد الأدنى باختيار السمك المناسب وبالتغطية. يوضح شكل رقم 2-23 تشكيل الأوعية الزجاجية بطريقتى «النفخ - نفخ، و«الضغط - نفخ».

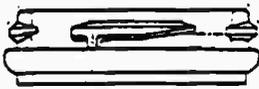


شكل رقم 2-23 : تشكيل الأوعية الزجاجية بطريقتي «النفخ - النفخ» و«الضغط - النفخ»

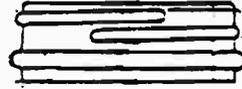
المصدر : (1993) Robertson.

تتوافر الأوعية الزجاجية في أشكال وأحجام كثيرة متنوعة، يمكن غلقها بإحكام بالأغطية lids التي تبطن من الداخل بطبقة من اللدائن الطرية لإحكام قفل حافة الفوهة الزجاجية. وتعبأ كثير من الأوعية الزجاجية تحت تفريغ فيزداد إحكام الغطاء بدفعه إلى أسفل

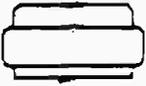
بفرق الضغط الجوى وتمويج crimping الأغطية (كما فى أغطية زجاجات الصودا) الذى يعمل ضد ضغط داخلى يجعل القفل محكماً ويحبس الغاز داخله . وغالباً فإن الزجاجات تصبح أقل إحكاماً عن العلب الصفيح . ويوضح شكل رقم 23-3 بعض تصميمات الفوهة الزجاجية كارتجاجى، خيطى مستمر، تاجى، تاج لولبى، دوار، رذاذ، صباب، يناسب سداة فلينية، غطاء ينقل عند تحريكه، أو فوهة ذات مقبض .



ارتجاجى
Lug



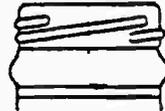
خيطى مستمر
Continuous
thread



Cork
سداة فلينية



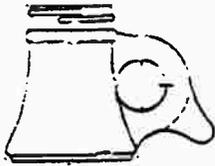
Crown
تاج



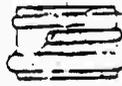
تاج لولبى
Twist
crown



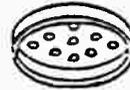
دوار
Roll-on



Handle
مقبضى



Sprinkler
رذاذ



Snap
cap

يقفل الغطاء عند تحريكه



صباب
Pour-out

شكل رقم 23-3: طرق غلق الأوعية الزجاجية المستخدمة للغذاء والمشروبات

حالياً طورت أوعية زجاجية تناسب طبخ الأغذية أو تدفئتها في أفران الميكروويف وتحاط جدرانها ببطاقة إعلان رغوية تظل باردة فيمكن لمسها وتداولها بسهولة. كما طورت نظم تعبئة ثنائية أحدها للنتائج الغذائية والثاني لصب خيط لدائني لإحكام القفل بضغط الغطاء ويستفاد بذلك في الأوعية الزجاجية المعبأة ساخنة أو التي عوملت بالتعقيم التجارى retored foods. كذلك طورت أغشية مبطنة بمواد تلتهم الأكسجين O_2 eaters فى العبوة واستخدمت فى أغشية البيرة على مستوى تجريبى وإنتاجى وينتظر التوسع فى استخدامها مع عصائر الفاكهة، أغذية الأطفال، ومنتجات الطماطم لتحسين جودتها وتقليل التلف التأكسدى واستخدمت مع الأغشية المعدنية أو اللدائنية.

أمكن تغطية الزجاج بطبقة ملونة رقيقة (شفافة أو معتمة أو مانعة للأشعة فوق البنفسجية) لأغراض الوقاية أو الزينة تسمى حارس لوني color guard ، وتخدم هذه العملية أغراض التسويق . ويمكن تدوير هذه الزجاجات بصهرها مع الزجاج الشفاف بدون مشاكل.

23 - 2 - 3 المعادن Metals :

تحتل العلب المعدنية بنصيب كبير من سوق عبوات الأغذية، حيث توفر وقاية فيزيقية ممتازة تطيل عمر التخزين وتنافس سعريا مع العبوات الأخرى وتنتج بطرق تشغيل عالية السرعة. يعيب العلب المعدنية وزنها وصعوبة فتحها وإعادة غلقها. بالرغم من أنه يمكن استهلاك الأغذية المعلبة على مدى سنتين إلا أنها قد تتعرض لفقد الجودة فى النكهة واللون والقوام خلال التخزين. وعادة يستخدم نوعين من سبائك المعادن فى تعبئة الأغذية: الصلب steel لصناعة العلب الصلبة، والألومنيوم لصناعة العلب، الأغشية، والمغلفات coatings .

حتى عهد قريب كان يتم تغطية الصلب المستخدم فى صناعة العلب بطبقة رقيقة من القصدير (الصفائح tin، بمعدل 0.25 رطل / 440 قدم مربع) لمقاومة الصدأ والتآكل corrosion بواسطة الغذاء، رغم أنه لا يمنعه تماماً. ومن هنا كانت التسمية «العلب الصفائح tin can». وتتم عملية القصدير عن طريق التحليل الكهربي. وتم استبدال القصدير - لإرتفاع تكلفته - فى الولايات المتحدة الأمريكية وغيرها بسبائك صلب مقاومة للتآكل وهى

سبائك صلب مغطاة بمعادن رقيقة أخرى، وتم تحسين الغطاء البوليميري الداخلى لمساعدة الصلب على مقاومة التآكل، تسمى بالصلب الخالى من القصدير tin - free steel. فمثلاً يطلّى لوح الصلب الأساسى base plate بطبقة رقيقة من الكروم ثم أكسيد الكروم، وهما أرق كثيراً من طبقة القصدير ولكنها تعادلها فى الرقابة. ثم تغطى طبقة أكسيد الكروم بغطاء عضوى يتوافق مع الغذاء. تستخدم أنواع متعددة من الصلب حسب الناتج الذى يتم تعليبه، كما يوضح جدول رقم 23-3 ويجب مراعاة قوة لوح الصلب خاصة فى العلب الكبيرة التى يجب أن تتحمل جهد ضغط عملية التعقيم التجارى، التعليب تحت تفريغ vacuum canning، وعمليات التصنيع الأخرى. وتعتمد قوة العلب على درجة صلابة الصلب، وسمكه، حجم العلب، هندستها الفراغية، وعمليات التصميم الأخرى مثل عملية التضليل ribbing الأفقى (التي تعرف بإسم التخريز beading) والتي تزيد من صلابته. وتستخدم بكثرة أغشية الألومنيوم المخرزة scored لقلل أجسام العلب الصلب مع إتخاذ الحيطه من تلامس الغطاء الورنيشى للمعدنين لتتلافى تفاعلها مسبباً أضراراً للغذاء بداخله.

جدول رقم 23-3 : أنواع صلب الأساس اللازمة للأقسام العامة للمنتجات الغذائية

أقسام الأغذية	خواصها	أمثلة	صلب الأساس المناسب*
قوية التآكل	نواتج عالية أو معتدلة الحموضة، ومنها الثمار داكنة اللون والمخللات.	عصير التفاح، التوت، العنب، الموز، الكمثرى، الطماطم، المخللات.	صنف L
معتدلة التآكل	الخضروات المحمضة، نواتج ثمار الفاكهة معتدلة الحموضة.	كرنب مخلل، المشمش، التين، الخوخ، الجريب فروت.	صنف MS صنف MR
خفيفة التآكل	المنتجات منخفضة الحموضة.	البسلة، الذرة، اللحوم والأسماك.	صنف MR أو صنف MC
عديمة التآكل	الأغذية الجافة والمنتجات غير المصنعة	الحساء المجفف، الأغذية المجففة، الشورتلنج، والنقل.	صنف MR أو صنف MC

* تدل الحروف المختلفة على درجات مختلفة من الصلابة stiffness، وحدود الشوائب المعدنية الأخرى

المصدر : (Potter & Hotchkiss 1995).

كما أشرنا سابقاً، فإن داخل وخارج العلب المعدنية يغطى بغطاء عضوي لتزداد مقاومتها للتآكل، كما تؤدي إلى حماية الغذاء من التلوث بالمعدن الذي يسبب تفاعلات لونية ونكهية تعتمد على نوع الغذاء. فمثلاً يكثر تكون كبريتيدات الحديد والقصدير داكنة اللون في الأغذية قليلة الحموضة التي تحرر مركبات الكبريت عند التعقيم التجاري. كذلك يحدث قصر للصبغات الحمراء للنبات عند ملامسته للصلب، القصدير، والألومنيوم غير المغطى. يوضح جدول رقم 23 - 4 مواد التغطية (الورنيشات enamels) الشائعة التي وافقت عليها هيئة FDA الأمريكية مع استخداماتها.

جدول رقم 23-4 : مواد التغطية (الورنيشات enamels) المستخدمة مع العلب

الورنيش enamel	نوعه	استخداماته
ورنيش فاكهة	راتنج زيتي oleoresinous	التوت الداكن اللون والكريز والفاكهة التي يلزم وقايتها من التلوث بالأملاح المعدنية.
ورنيش C	راتنج زيتي وصبغة أكسيد زنك معلق	الذرة، البسلة، والمنتجات المحتوية على كبريت بما فيها بعض الأغذية البحرية.
ورنيش موالح	راتنج زيتي معدل	منتجات ومركزات الموالح.
ورنيش أغذية بحرية	فيولولي	منتجات سمكية ولحوم فرد spreads
ورنيش لحوم	إيونات epons معدلة مع صبغات ألومنيوم	اللحوم ومنتجاتها.
ورنيش ألبان	إيونات	بيض وحليب ومنتجات الألبان.
ورنيش مشروبات	تغطية ثنائية أساسها راتنج زيتي	عصائر ومشروبات غير مكرينة للخضروات
غير مكرينة	يعلوها غطاء فينيل	والفاكهة الحمراء والفاكهة شديدة التآكل.
ورنيش بيرة	تغطية ثنائية أساسها راتنج زيتي أو عديد البيوتادين يعلوها غطاء فينيل	البيرة والمشروبات الغازية.

يتميز الألومنيوم بخفة الوزن ومقاومته للتآكل الجوى ويسهل تشكيله وإعادة تدويره، ولكن قوته التركيبية أضعف من الصلب المماثل فى السمك ولذلك فهو قليل الإستخدام فى المعلبات المعقمة ولكنه يناسب علب البيرة والصودا والمياه الغازية (85% أو أكثر من الألومنيوم) لوجود ضغط غاز ثانى أكسيد الكربون الداخلى، مما يعطى قوة أو صلابة للعبة. تستخدم حلقة مبرشمة على الغطاء يمكنها الانثناء بالشد مع إزالة جزء صغير من الغطاء الألومنيومى لسهولة الفتح easy opening .

يتكون على السطح الخارجى للعبة الملامس للهواء غشاء من أكسيد الألومنيوم المقاوم للتآكل الجوى. بإنخفاض تركيز الأكسجين داخل اللعبة، فإن غشاء أكسيد الألومنيوم يستنفذ المعدن ولا يكون عالى المقاومة للتآكل. يمكن التغلب على ذلك بغطاء ورنيشى يماثل المستخدم لحماية الصلب والصفائح. من العيوب الرئيسية للألومنيوم هو احتياجه لكمية كبيرة من الطاقة الكهربائية لعزله من خاماته، ولذلك فإن عملية تدوير عبوات الألومنيوم تكون ناجحة حيث يمكن بذلك توفير 95% من الطاقة المستخدمة لإنتاج الألومنيوم من البوكسيت bauxite. حالياً يتم تدوير أكثر من 50% من علب الألومنيوم المنتجة فى الولايات المتحدة الأمريكية.

أولاً: رقائق المعدن Metal foil :

أكثرها استخداماً فى تعبئة وتغليف الأغذية هى رقائق الألومنيوم مثل الأكياس القابلة للتعقيم retortable pouches، رقائق الأغذية، صوانى الميكروويف، الرقائق متعددة الطبقات المبطنة foil laminates. كذلك تستخدم عند الرغبة فى وقاية عالية للغذاء من الرطوبة، والأكسجين، والضوء. يبلغ سمك الرقائق التجارية المستخدمة فى الأكياس وأغطية العبوات بين 0.0003 - 0.0015 بوصة. رقائق الألومنيوم ذات سمك أعلى من 0.0007 بوصة تعتبر غير منفذة للرطوبة أو الغازات، أما إذا قل سمكها عن ذلك فإنها تحتوى على ثقب تجعل هذه الرقائق منفذة قليلاً.

ثانياً : الغشاء المعدن Metallized film :

يجرى إنتاجها بترسيب طبقة رقيقة من الألومنيوم تحت تفريغ، على غشاء ورقى أو

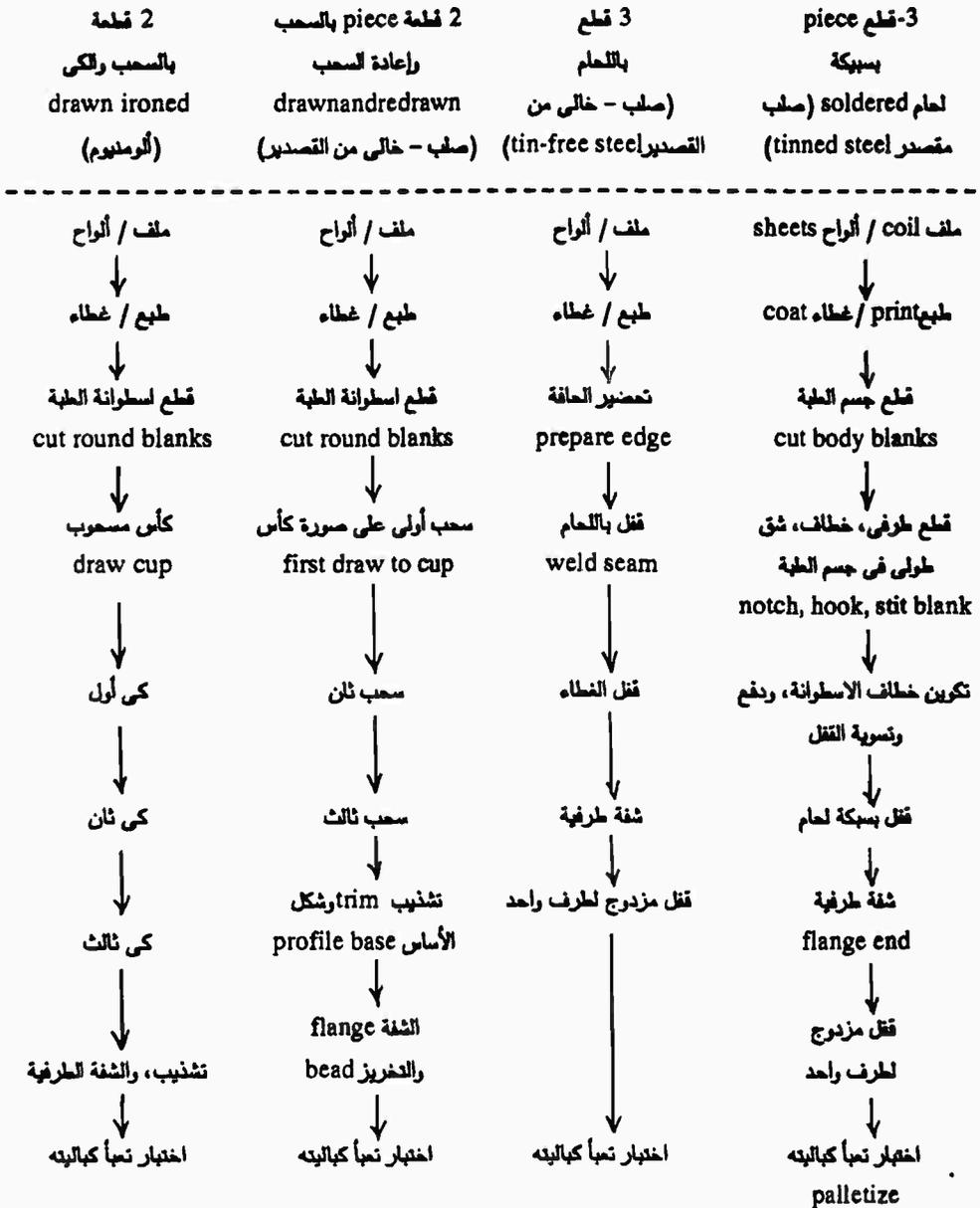
عديد الإستر. وبذلك يجمع بين صفاتهما معطية حاجزاً جيداً ضد فقد الرطوبة والنكهة ونفاذية الأكسجين والضوء. وتستخدم لتصميم عبوات الأجوالة bags، عبوات رقائق البطاطس، وأغذية التسالي snacks. وجد أن شرائح المانجو المبسترة والمخزنة بالتبريد والمعبأة في أكياس ألومنيوم متعددة الطبقات الرقيقة (أو المصفحة) تكون أفضل من المعبأة في الأكياس الشفافة، كما كانت المعبأة في أكياس قابلة للتعقيم جيدة حتى عند درجات حرارة عالية، بينما تقل قدرة العبوات التي يتم فيها الغليان boil - in bag على التخزين المبرد إلى أقل من خمسة شهور.

ثالثاً : بناء العلب Can construction :

تقسم العلب المعدنية للأغذية والمشروبات إلى قسمين أساسيين طبقاً لطريقة بنائها: علب مكونة من ثلاث قطع 3-piece عبارة عن الجسم الأسطواني للعلبة وقطعتى الغطاء والقاع، علب مكونة من قطعتين 2-piece عبارة قطعة واحدة للجسم الأسطواني للعلبة والقاع وقطعة أخرى للغطاء تستخدم بعد الملء بالنتاج. وتتميز العلب ذات اللقطعتين بخلوها من القفل الجانبى أو نهاية القاع حيث يتم قفلها بالسحب drawn والكى ironing، وعادة تستخدم مع المشروبات الغازية، حيث يقلل هذا النوع من مخاطر التسرب لغياب كلاً من القفل الجانبى وقفل القاع. ونظراً لإتمام اللحام الجانبى وقاع العلب بسبيكة من القصدير والرصاص فإن هناك فرصة لتلوث الغذاء داخلها بآثار الرصاص. ويوضح شكل رقم 23-4 خطوات تصنيع علب معدنية ذات قطعتين وثلاث قطع .

رابعاً: أبعاد العلب Can sizing :

توجد العلب فى أحجام تعتمد على القطر والإرتفاع معبراً عنه بأرقام بوصات كاملة وكسور من 16 من البوصة. وعلى ذلك فالعلبة ذات الأبعاد 303 (القطر) × 404 (الإرتفاع) لها قطر مقداره $\frac{3}{16}$ بوصة وإرتفاع مقداره $\frac{4}{16}$ بوصة كما فى جدول رقم 23-5. الذى يوضح أسماء العلب وأبعادها وحجم الملء fill volume .



شكل رقم 23-4 : مقارنة بين خطوات تصنيع علب معدنية: ثلاث قطع بقفل جانبي بسبيكة لحام أو ملحومة الجانب، قطعتين بالسحب وإعادة السحب أو بالسحب والكي .

المصدر : (Potter & Hotchkiss 1995).

جدول رقم 23-5: بعض أبعاد العلب القياسية

اسم العبة	الأبعاد *	حجم الملء **
62	202 x 308	9.42
82 قصيرة	211 x 300	12.34
211 اسطوانة	211 x 414	21.28
رقم 300	300 x 407	23.71
303	303 x 406	26.31
303 اسطوانة	303 x 509	34.11
رقم 2 تفرغ	307 x 306	22.90
رقم 2	307 x 409	32.00
رقم 10	603 x 700	170.71

* يعطى الرقم الأول الرقم الصحيح بالبوصات، بينما يعطى الرقم الثانى والثالث كسور $\frac{1}{16}$ من البوصة لكل من القطر والإرتفاع

** بالبوصة المكعبة ، حيث 1 بوصة مكعبة = 0.554 أوقية

المصدر: (Potter & Hotchkiss 1995).

23 - 2 - 4 الورق، الورق المقوى، والكرتون:

Paper , paperboard , and fiberboard

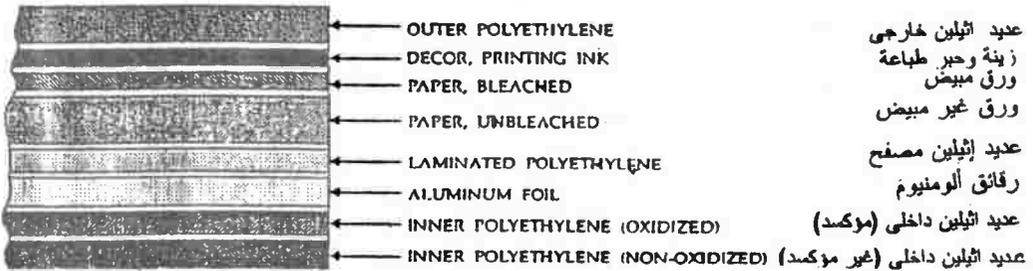
يمثل الورق بأنواعه المختلفة نسبة كبيرة من مواد العبوات. وتختلف أنواع الورق عن بعضها فى السمك والإستعمال، فالورق رقيق ومرن ويستخدم فى الشدط bags والأغلفة wraps، أما الورق المقوى فأسمك وأقوى ويستخدم لعمل الكراتين مفردة الطبقة، أما الكرتون فيصنع بضم طبقات من الورق المقوى ويستخدم ككراتين شحن ثانوية، وتسمى بالكرتون المصنع أو المموج corrugated paperboard، نسبة للطبقة الداخلية المموجة، أما تسميته بالكرتون cardboard فهو تعبير تعبئة غير صحيح. ومعظم المنتجات الورقية - عند

استخدامها في العبوات الأولية - تكون متعددة الطبقات (أو مصفحة) لتحسين خواصها الوقائية. ويقصر لون الورق المصنع من كل من لب الأخشاب والمخلفات وتتم تغطيته (أو غمره) بالشمع، الراتنجات، الورنيشات، اللدائن، أو يصفح بالألومنيوم لتحسين قوته خاصة في البيئة عالية الرطوبة الموجودة عادة حول المواد الغذائية. ويمكن استخدام مواد مضافة أخرى لزيادة مرونته، مقاومته للتمزق، قوة تمدده burst، قوة التبلل wet، مقاومة التشحم، قابليته للغلق sealability، المظهر، وخواصه الحجزية. ويصنع قليل من الورق عالي المسامية والامتصاصية كورق اللحم أو صواني الدجاج. يستخدم الورق المقوى (الكرافت kraft = كلمة ألمانية تعطي معنى القوة) غير مقصور اللون في صناعة شط البقالة أما الكرافت مقصور اللون فيستخدم في محلات الجزارة. ومعاملة لب الورق بالأحماض تحور السليولوز وتزيد مقاومته للماء وللزيت ويسمى بارشمنت parchments ويسمى الورق المضاد للشمع أو الورق المزجج بالجلاسين (زجاجين glassine) ويتميز بطول ألياف الخشب التي تزيد قوته الفيزيائية جزئياً.

يجب أن يتوفر في الورق الملامس للأغذية مواصفات إدارة الغذاء والدواء FDA الأمريكية خاصة من حيث نقاوته الكيماوية وأن تكون المواد المغطى بها غير سامة وتتوفر بها الإشتراطات الميكروبيولوجية حيث يجب ألا يزيد العد الميكروبي عن مستعمرة واحدة لكل سنتيمتر مربع من السطح الملامس للغذاء.

يتميز الورق ومنتجاته بتوفر خاماته عالمياً، إنخفاض التكلفة، وبقابليته للتجديد renewable، كما يعتبر صديقاً للبيئة، ويسهل إعادة تدويره لإنتاج الألياف أو حرقه كوقود. أما عيوب الورق ومنتجاته فتتمثل في إنخفاض حجزه للغازات، فقد الأبخرة، وبالرغم من قوته النسبية عندما يكون جافاً فإنه يضعف عند إبتلاله. ولحسن الحظ فإنه يمكن تحسين خواصه الحجزية والميكانيكية بتغطيته أو بغمره في الشمع، الورنيش، أو اللدائن. ويستخدم الورق المغطى بعدد الانثيلين ككرتونة لتعبئة السوائل أو أوعية للأغذية المجمدة. أما خواصه الحجزية للغاز والماء فإنها تتحسن بتصفية أو معدنته بالألومنيوم. وحديثاً يستخدم الورق المغطى بعدد الاستر في صواني الأفران أو الميكروويف حيث تناسب درجات الحرارة العالية اللازمة للطبخ أو لإعادة التسخين.

تتكون كراتين التعبئة الأولية من عدة طبقات من الورق المبيض وغير المبيض والذي يغطي داخلياً و/أو خارجياً بعدد الاثيلين لمنع نفاذ السوائل مع وجود طبقة من رقائق الألومنيوم والتي تمنع نفاذ الأكسجين. يوضح شكل رقم 23-5 التركيب الأساسي لطبقات الكرتون المستخدمة في التعبئة المعقمة: يوجد عديد اثيلين خارجي يحمي طبقة الحبر ويسمح بغلق العبوة ثم طبقة من الورق المبيض يحمل الحبر والزينة decor ويعطى العبوة القوة الميكانيكية المناسبة، ثم طبقة أخرى من عديد الاثيلين المصفح الذي يعمل على تثبيت الألومنيوم مع الورق. وتلعب رقائق الألومنيوم دوراً هاماً في حجز الغازات، حماية الناتج المعبأ من الضوء، وتعمل طبقتا عديد الاثيلين كوسيلة حاجزة للسوائل.



شكل رقم 23-5 : التركيب التفصيلي لطبقات الكرتون المستخدم في التعبئة المعقمة

المصدر : (Schulte 1989).

23 - 2 - 5 اللدائن (البلاستيك) : Plastics

يضم هذا المصطلح مجموعة واسعة من المواد تشترك في أنها تتكون من عدد كبير من الجزيئات طويلة السلسلة لها وزن جزيئي 100.000 أو أكثر وتصنع بربط وحدات صغيرة متكررة تسمى مونوميرات (أحاديات جزئ) monomers متصلة بطريقة رأس إلى ذيل head - to - tail . يعطى هذا التنظيم الجزيئي لللدائن صفات فيزيقية غير عادية . يعتبر

البترول والغاز الطبيعي والفحم بمثابة المواد الخام التي تصنع منها اللدائن، عن طريق عملية البلمرة التي تخلق روابط بين المونوميرات. معظم اللدائن تحتوي على مواد مضافة مثل الملدنات (المنعمات) plasticizers، المشحعات lubricants، مضادات الأكسدة، مضادات الشوارد الكهربية antistats، المثبتات الحرارية، ومثبتات الأشعة فوق البنفسجية. هذه المواد المضافة تستخدم لتسهيل تصنيع اللدائن ولإكسابها ولو جزئياً بعض الخواص المرغوبة، فمثلاً تحسن الملدنات سريان خامات اللدائن، تصبح قابلة للتصنيع processability، وتخفض تقصفها brittleness.

تعتمد خواص اللدائن على عدة عوامل، فخواصها الكيميائية تعتمد على المجموعات الوظيفية في الوحدة الجزيئية المتغيرة (المونومر). وتميل الغازات المشابهة للمجموعة الوظيفية إلى النفاذ منها بعكس الغازات التي لا تشابهها. كما تعتمد الخواص الفيزيائية والميكانيكية على حجم البوليمر (الوزن الجزيئي وتوزيعه). من أهم الخواص الفيزيائية والميكانيكية لخامات لدائن العبوات: الخواص البصرية optical، تحمل التصادم impact، النفاذية، القابلية للقول بالحرارة، خواص التمزق tensile، ومقاومة الاحتكاك friction. تعتبر اللدائن الحرارية (الثرموپلاست) thermoplastics من أكثر اللدائن شيوعاً واستخداماً في تعبئة الأغذية، وتتصف بقابليتها لليونة عند درجات حرارة مرتفعة وتتصلب بالتبريد، ويمكن إعادة تشكيلها عدة مرات بتناوب تسخينها وتبريدها.

توجد عدة تقنيات لتحويل اللدائن إلى العبوة النهائية، ومنها التشكيل بالحرارة thermoforming بتسخين ألواح اللدائن الحرارية (الثرموپلاستيك أو المتلدنات) ثم تشكل كعبوات غذائية مثل الصواني الرغوية foam trays من عديد الستيرين PS للحم والبيض. كما تستخدم القوالب بالحقن injection molding التي تتضمن صهر اللدائن الحرارية ودفعها تحت ضغط عالٍ إلى القالب الصلب لتأخذ شكله. ويستخدم بكثرة لتشكيل أوعية الأغذية رقيقة الجدران للزيادة (اليوغورت) والمرجرين وجرادل الشحن shipping pails. أما في القوالب بالنفخ blow molding فيتم بثق أنابيب اللدائن الحرارية المجوفة بين نصفى القالب ثم يقلب نصفى القالب، ويضيق القاع بسرعة pinches off مع ترك النصف العلوى مفتوحاً لحقن الهواء المضغوط، الذى يؤدي إلى شد (مط) stretches اللدائن المنصهرة على شكل القالب، ويكثر استخدام هذه الطريقة في صناعة الزجاجات اللدائنية.

تتأثر خواص اللدائن بشدة بالتقنية المستخدمة في إنتاجها حيث يمكن توجيهه (ترتيب) oriented جزئيات الغشاء غير المنظمة amorphous أثناء عملية التصنيع. فعدد تشكيل أغشية عديد الاستر الموجه oriented PET، يتم بثق الراتنج المنصهر على أسطوانة سحب casting drum، تضبط درجة حرارة اللوح المسحوب cast sheet بطاوية (عدد درجة أعلى من درجة حرارة الحالة الزجاجية وأقل من درجة حرارة صهر البوليمر)، ويتم شده (مطه) stretched في إتجاه الماكينة والإتجاه المستعرض لينتج غشاء عديد الاستر PET الموجه (بترتيب ثنائي المحور biaxially). تؤدي عملية توجيه جزئيات غشاء عديد الاستر PET إلى تحسن كبير في مقاومته للشد tensile، الشفافية clarity، الصلابة stiffness، المقاومة الكيماوية، والصفات الحجزية.

أهم العوامل التي يجب مراعاتها في اختيار اللدائن هي: التكلفة، مدى توفرها، قوتها strength، خواصها الحجزية، مقاومتها الحرارية، قابليتها للثقل الحراري، مقاومتها الكيماوية، شفافيتها، أن تعتمد هياكل المواصفات والرقابة المختصة، وأيضاً قابليتها للطباعة... إلخ. يتوفر في الأسواق العديد من خامات اللدائن المستخدمة في عبوات الأغذية، وتوضح الجداول 6-23، 7-23، 8-23 الخواص الهامة لبعض هذه اللدائن عدد تصنيع الأغشية المرنة منها. يمكن تصنيف اللدائن المستخدمة في تعبئة الأغذية إلى سلعية وحجزية. تتميز اللدائن السلعية commodity برخص سعرها ولكنها منخفضة في صفاتها الحجزية للأكسجين، مثل: عديد الاثيلين، عديد البرولين، وعديد (كلوريد الثينيل). أما اللدائن الحجزية barrier فهي مكلفة نسبياً ولكن ترتفع صفة حجزها للأكسجين، مثل: عديد (كلوريد الفينيلين، ساران saran) البوليمر المدمج الثنائي copolymer كحول فينيل - اثيلين.

من بين بضع آلاف من اللدائن المخلقة، فإن حوالي عشرون منها تستخدم في عبوات الأغذية سواء بمفردها أو بدمجها مع غيرها بطرق متباينة وينتج عدة مئات من اللدائن مختلفة التركيب التي تستخدم لإنتاج الأغشية والأوعية نصف الصلبة المستعملة لتعبئة الأغذية: خلاص السليلوز، عديد الاميدات (النيلون nylon)، عديد الاستر PET (ميلار mylar)، عديد الاثيلين PE، عديد البرولين PP، عديد الستيرين PS، عديد كلوريد فينيلين PVdc (ساران saran)، وعديد كلوريد فينيل PVC.

جدول رقم 23 - 6 : الخواص العامة المميزة لأغشية التعبئة

مدى حرارة لائق بالفيونيت	مقاومة لصزغ الشمس	حدود الإستخدام			الوزن النوعي	الشفافية	السمك (بوصة x 10 ⁻³)	مواد الغشاء
		درجة حرارة بالفيونيت	درجة حرارة أقصى	اللون				
350 - 200	++	24	300	1.55 - 1.40	شفاف	1.7 - 0.9	مليفان موزنش بالاك	
350 - 200	-	0	300	1.44	شفاف	2 - 1	مليفان، غطله بوليمر	
300 - 230	++	-	180	1.20	شفاف - نصف شفاف	2	مليفان، غطاء PE	
450 - 350	++	15	200 - 150	1.31 - 1.28	شفاف	250 - 8.8	خلاص مليفانز	
450 - 380	مقبول إلى ++	100	400 - 200	1.13	شفاف - نصف شفاف	30 - 0.5	نيلون - Nylon 6	
450 - 425	مقبول	100	300	1.41 - 1.38	شفاف	14 - 0.12	عديد لصزغ	
400 - 250	مقبول إلى ++	70	200 - 180	0.925 - 0.910	شفاف إلى معتم	0.3	LDPE	
400 - 275	مقبول إلى ++	50	250	0.965 - 0.941	شفاف إلى معتم	0.4	HDPE	
400 - 285	مقبول	0	300 - 270	0.905 - 0.885	شفاف	10 - 0.87	PP غير موجه	
320 - 300	مقبول	60	295 - 285	0.907 - 0.902	شفاف	1.25 - 0.5	PP موجه	
350 - 250	مقبول	94 - 70	205 - 175	1.06 - 1.05	شفاف	20 - 0.25	PS موجه	
420 - 300	++	50 - 20	200 - 150	1.80 - 1.20	شفاف إلى معتم	100 - 0.5	PVC	
300 - 240	مقبول	-	290	1.71 - 1.59	شفاف	6 - 0.4	بوليمر مدمج Vc / Vdc	

جدول رقم 7- 23 : النفاذية Permeability والنفاص الكيمائية لأغشية التغطية

الغشاء	مقاومة ضغط				7 الانفاص مقاومة 24 ساعة	انفاص بخار الماء (جم/100 بوصة ² / ميل عدد 7.8 رطل ماء في 24 ساعة 7.90 رطلية نسبية	نفاذ الغازات			مصادر النفاص
	الانفاص الغشائية	التدمر والثابت	الانفاص الغشائية	الانفاص الغشائية			CO ₂	N ₂	O ₂	
متوسط	متصيف	جيد	متصيف	متصيف	مرباع	1.0 - 0.2	13	1	1	مبولين موزيل بالفي
جيد	متصيف	جيد	متصيف	متصيف	مرباع	0.9 - 0.4	0.5	0.5	0.5	مبولين، غشاء بوليبر
جيد	متصيف	متصيف	متصيف	متصيف	-	1.2 رطل	-	-	-	مبولين، غشاء PE
جيد	متصيف	جيد	متصيف	متصيف	9.3	مربوع	1000 - 860	40 - 30	150 - 117	غلات ميلوز
متصيف	جيد	جيد	متصيف	متصيف	9.5	22 - 16	12 - 10	0.9	2.6	نيلون - Nylon 6
جيد	متصيف	جيد	متصيف	متصيف	0.8 >	1.3 - 1.0	25 - 15	1.0 - 0.7	4 - 3	محبو لستر
جيد	متصيف	جيد	متصيف	متصيف	0.01 >	1.5 - 1.0	2700	180	500	LDPE
جيد	متصيف	جيد	متصيف	متصيف	نيل	0.3	580	42	185	HDPE
جيد	متصيف	جيد	متصيف	متصيف	0.005 >	0.7	800 - 500	48 - 40	240 - 150	PP غير موجهه
جيد	متصيف	جيد	متصيف	متصيف	0.005 >	0.25	540	20	160	PP موجهه
جيد	متصيف	جيد	متصيف	متصيف	0.10 - 0.04	10 - 7	900	-	350 - 250	PS موجهه
جيد	متصيف	جيد	متصيف	متصيف	نيل	10 - 4	1900 - 20	70 - 1	160 - 8	PVC
جيد	متصيف	جيد	متصيف	متصيف	-	0.6 - 0.2	44 - 3.8	1.5 - 0.12	6.9 - 0.8	Vc / Vdc زوبير مسج

• ميل أمم عبارة عن جزء من ألف من البوصة، ويساوي 0.025 من البوصة
المصدر : Potter & Hotchkiss (1995).

جدول رقم 8-23 : الخواص الميكانيكية لأغشية التعبئة

تعمل الطي folding endurance	قوة البروز bursting سمك 1 ميل * (Psi)	قوة التمزق Tearing strength جم / ميل	الاستطالة Elongation (%)	قوة الشد tensile strength (100psi) *	مادة الغشاء
جيد	65 - 55	10 - 2	25 - 15	180 - 70	سيلوفان مورنش باللك
-	-	15 - 7	50 - 25	180 - 70	سيلوفان، غطاء بوليمر
جيد	50 - 40	10 - 2	25 - 15	180 - 70	سيلوفان، غطاء PE
متوسط	60 - 30	10 - 4	70 - 15	164 - 70	خلات سليلوز
مرتفع جدا	استطالة	90 - 50	550 - 250	180 - 90	نيلون - Nylon 6
مرتفع جدا	80 - 55	27 - 12	165 - 60	350 - 200	عديد استر
مرتفع جدا	12 - 10	300 - 50	700 - 100	30 - 15	LDPE
جيد	-	300 - 15	650 - 10	61 - 24	HDPE
مرتفع جدا	-	-	1000-550	70 - 45	PP غير موجة
جيد	-	10 - 3	475 - 35	400 - 75	PP موجة
-	35 - 16	5	40 - 3	120 - 80	PS موجة
-	40 - 20	1400 - 10	500 - 3	160 - 14	PVC
مرتفع جدا	35 - 25	100 < -10	80 - 30	160 - 80	Vc / Vdc بوليمر مدمج

* psi : عبارة عن ضغط جوى لكل بوصة مربعة

المصدر : Potter & Hotchkiss (1995).

تتكون البوليمرات المدمجة copolymers من دمج مونوميرات (أحاديات جزيئية) مختلفة في داخل جزيئات البوليمر لتعطي خامات ذات صفات مزدوجة. فإذا كان راتنج اللدائن مكونا من نوع واحد من المونوميرات مثل الاثيلين فيسمى بالبوليمر المتجانس homopolymer. أما إذا احتوى الراتنج على أكثر من نوع من المونوميرات مثل الاثيلين وخلات الفينيل واتصلا معا كيميائيا فإنه يطلق عليه البوليمر المدمج copolymer

مثل : عديد اثيلين - خلات فينيل، بروبيلين - اثيلين، اثيلين - حمض أكريليك، اثيلين - ايثايل أكريلات، كلوريد فينيل - بروبيلين، اثيلين - كحول فينيل ... إلخ. وهى من أنواع اللدائن التى تغطى مدى واسعاً لاستخدامها كمبوات للأغذية المختلفة.

حديثاً أنتج خامات لدائن أيونية من نوع الأيونوميرات ionomers عن طريق تحويل اللدائن بإضافة مجاميع الكربوكسيل الحامضية إلى سلسلة بوليمر عديد الاثيلين لتكون ارتباطاً قويا بين جزيئات سلسلة البوليمر وتؤثر على الخواص الفيزيائية لللدائن الناتجة. هذا الارتباط البيئى يحسن الخواص الوظيفية جزئياً فتزداد مقاومتها للزيوت، الشحوم، المذيبات، وللانصهار. من أوائل البوليمرات التجارية من هذا النوع بوليمر من الاثيلين يسمى ساريلين (surlyn A) يشابه فى خواصه عديد الاثيلين ولكن بسبب الارتباط الأيونى داخل السلاسل ترتفع نقطة انصهاره مما يعطيه قدرة عالية على التشكيل، ويستخدم فى تحضير لدائن التغطية رقيقة السمك. ويتميز أيضاً بمقاومته للقوى الضعيفة والقوية، الكيوتونات، الكحولات ولكنه يتحطم بالأحماض وينتفخ بالايديروكربان. يتميز الساريلين بأنه أكثر شفافية من عديد الاثيلين منخفض الكثافة LDPE كما أنه سهل طباعته. وعامة فإنه يمكن تقسيم اللدائن إلى : المتصلدات (المواد المتصلدة بالحرارة أو الثرموست) thermosets ، والمتلدنات (اللدائن الحرارية، المواد المتلدنة بالحرارة، أو الثرموبلاست) thermoplastics ، كما فى الشكل رقم 23 الذى يوضح كل من البوليمرات الطبيعية المعدلة والبوليمرات المخقة التى تنتج بتعدد البلمرة polymerizates ، تعدد المتكثف polycondensates ، تعدد بالإضافة polyadducts ، وسوف نتكلم باختصار عن القسمين السابقين.

أولاً : المتصلدات (المواد المتصلدة بالحرارة أو الثرموست) Thermosets :

عبارة عن مواد تلين بالتسخين ولكنها تتصلب نهائياً بالتبريد، إذ أن التسخين الأول يحدث بها تفاعلاً كيمياوياً يربط سلاسلها تبادلياً بروابط قوية تمنع انزلاقها، ومن ثم لا تتسلب بعد ذلك بالحرارة أو الضغط، وأن ترابطها الوثيق يمنح المذيبات من تفريقها ولذا تصلح للاستعمال عند درجات الحرارة المرتفعة نسبياً، وتمتاز بخواصها الكهربائية الجيدة، وأهماتها المنخفضة، قوتها، ومقاومتها للانزلاق وللكيماويات. ولا تكتفى الجزيئات المكونة لها - المونومرات - بترباط أطرافها ، بل يسمح تركيبها الكيماوى بتكوين روابط عرضية بين

السلاسل ، وهى روابط قوية تحفظ السلاسل عند مسافات محددة من بعضها البعض فتظل جامدة عند جميع درجات الحرارة دون درجة التحلل، ومن ثم لا يطرأ أى تغيير على شكلها. تستخدم ثلاثة أنواع منها على نطاق واسع فى مجال العبوات، وهى:

1- فورمالدهيد الفينول Phenol - formaldehyde :

تتميز بلونها البنى الداكن أو الأسود وهى متقصفة brittle ، لا تذوب فى المذيبات العضوية، تقاوم الأحماض والقلويات الضعيفة، ولكنها تتحطم بالأحماض والقلويات القوية. يستخدم راتنج الفورمالدهيد - فينول فى صناعة أغطية عبوات الأدوية لمقاومته الكبيرة للماء. يضاف لها عديد من المواد المائلة مثل المواد المطحونة chopped fabric أو الخشب لخفض التكلفة ولتحسين صفاته مثل قوة الصدمة impact .

2- فورمالدهيد اليوريا Urea - formaldehyde :

تتميز بلونها الأبيض ويضاف لها السليلوز كمادة مائلة لتببيضاها ولها نفس خواص الذوبان مثل فورمالدهيد الفينول. تستخدم على نطاق واسع فى عمل أغطية العبوات لقابليتها الكبيرة للتلويين ومقاومتها الكبيرة للزيوت.

3- عديد الاستر المقوى بالزجاج Glass - reinforced polyesters :

يتميز بمقاومته العالية للبيئة المحيطة، له مقاومة كيميائية عالية للمذيبات ولمعظم الأحماض العضوية وغير العضوية والأحماض المؤكسدة القوية والقلويات الضعيفة ، ولذا يستخدم فى صناعة الصهاريج القوية وأوعية التخزين المؤقت transite الواسعة.

ثانياً : المتلدنات (المواد المتلدنة بالحرارة، اللدائن الحرارية أو

الثرموست Thermoplastics) :

عبارة عن مواد تلين بالتسخين وتتجمد بالتبريد، ويمكن إعادة تشكيلها عدة مرات بتناوب تسخينها وتبريدها مع مراعاة ألا تصل الحرارة المستخدمة إلى درجة التحلل. وهى تتشكل بسهولة عند درجات حرارة لا تتجاوز 100° مئوية ولا تحتاج إلا لقدر بسيط من الضغط. تختلف صلابتها إما بسبب تركيبها الذاتى مثل عديد الاثيلين PE فهو مطاطى، وإما بسبب إضافة بعض المواد المليئة مثل عديد كلوريد الفينيل PVC. يمكن أن يلصق بها مواد

مشابهة باستعمال المذيبات، كذلك يمكن لحامها بواسطة الحرارة أو صقلها باستعمال مواد الحك اللينة. ترتبط جزيئات هذه المواد (المونومرات) في سلاسل بالغة الطول. وفي حالة البوليمرات المدمجة copolymers فإنها تتضمن اثنين أو ثلاثة أنواع مختلفة من الأحاديات (مونومرات) موزعة عشوائياً أو في كتل من ذات النوع على طول كل سلسلة جزيئية. وستتكم باختصار عن هذه المواد

1- عديد الاثيلين Polyethylene PE :

من أكثر البوليمرات استخداماً في عبوات الأغذية لرخص سعره ولصفاته المميزة المرغوبة ، كحاجز ممتاز للرطوبة ولقابليته الجيدة للقفل بالحرارة وسهولة تصنيعه لأنه أبسط البوليمرات في التركيب الكيماوي، ينتج بالبلمرة بالإضافة للاثيلين مكونا سلسلة ايدروكربونية مستقيمة. يستخدم بكثرة في الأغشية ، والعبوات المنتجة بالقبولة بالنفخ blow molded ، وفي التصفيح lamination . من أكبر عيوب عديد الاثيلين-PE، هو ارتفاع نفاذيته للغاز والأبخرة، ويستفاد بهذه الصفة باستخدامه في تغليف المنتجات الطازجة المعبأة في جو معدل (MAP) modified atmosphere packaging بدخول وخروج كلا من الأوكسجين وثنائي أكسيد الكربون. يقسم عديد الاثيلين PE إلى عالي الكثافة ومنخفض الكثافة، وتوجد درجات مختلفة داخل كل قسم. يختلف هذان النوعان عن بعضهما في الصلابة rigidity، المقاومة الحرارية، المقاومة الكيماوية ، وتحملها للأثقال. عامة تزداد قوة الشد (TS) tensile strength، الصلابة hardness، المقاومة الحرارية، وخواص حجز الغاز gas barrier بزيادة الكثافة.

عديد الاثيلين منخفض الكثافة (LDPE) low density polyethylene تتراوح كثافته بين 0.915 إلى 0.939 جم / سم³ ويتميز تركيبه الجزيئي بالتفرع الجانبي مما يجعله خامة عالية المرونة flexible وتزداد قابليتها للشد (المط) stretchable وتحتمل الصدمات impact strength جيداً ولكن تنخفض نسبياً مقاومتها للحرارة (أقصى درجة حرارة تتحملها 175° فهرنهايت). ويستخدم عديد الاثيلين منخفض الكثافة LDPE بكثرة في أكياس البقالة grocery sacks، الأغشية المنكمشة shrink films، والأغلفة المشدودة stretch wraps. ونظراً لطبيعتها اللينة والمرونة فإنها تناسب البضائع الصغيرة soft goods ومنتجات الخبيز.

أما عديد الاثيلين عالى الكثافة high density (HDPE) polyethylene فإن كثافته تكون أعلى من 0.94 جم / سم³ ويحتوى تركيبه الجزيئى على عدد قليل نسبياً من التفرعات الجانبية مما يتيح الفرصة للجزيئات أن تتكدس بجوار بعضها بشدة، وبالتالي يكون HDPE أكثر صلابة، أقل شفافية، ذا مقاومة عالية للزيوت والشحوم، وأكثر مقاومة لنفاذية الغازات والأبخرة. وتستخدم فى زجاجات اللبن، أغلفة التوزيع deli wrap، كبطانة liner لوجبات الإفطار المصنعة من الفلال، لتعبئة أغذية التسالى snacks لزيادة حمايتها من الرطوبة، زيادة تماسك وصلابة العبوة rigidity، وبتكاليف منخفضة. ويستخدم غشاء عديد الاثيلين عالى الكثافة HDPE فى البثق المزدوج coextrusion لتشكيل بطانة أكياس العبوات المزدوجة (أو التوأمية) twin - pack liner ولتعبئة أغذية التسالى الصغيرة ومتوسطة الحجم.

يمكن أن يتم تشكيل عديد الاثيلين بالبثق فى صورة غشاء أو بالنفخ إلى زجاجات أو بالحقن إلى أغطية وأوعية تستخدم لكافة الأغراض. ويمكن أيضاً أن يتم فرده لتغطية الورق، رقائق الألومنيوم، أو أغشية السليلوز. كما يستخدم عديد الاثيلين لتصنيع الأوعية الحاوية الكبيرة عن طريق الصب. ومن أهم خواص LDPE خموله الكيمارى النسبى وعدم ذوبانه فى معظم المذيبات على درجة حرارة الغرفة ولكن يحدث له تطرية وانتفاخ فى الايدروكربان والايدروكربان المكلورة.

وقد استخدم LDPE من وقت قريب نسبياً فى عمل طبقات متعددة رقيقة (أو مصفحة) laminates. ووجد أن عجينة التفاح المعبأة فى غشاء نيلون nylon / مصفح بـ LDPE يدكن لونها كثيراً عند جميع درجات حرارة التخزين (20 - 43 ° مئوية) ويكون أقل قبولاً. كما وجد أن عصير البرتقال المركز سواء كان مدعماً بالكالسيوم أو بدونه المعبأ فى أكياس LDPE كان له تقبل منخفض عن المعبأ فى أكياس مصفحة (عديدة الطبقات). أما فى حالة السبانخ فكان أفضلها المعبأ فى أكياس LDPE وتتساوى مع المعبأة فى رقائق الألومنيوم.

2- عديد البروبيلين Polypropylene PP :

وهو من أخف أنواع اللدائن حيث تبلغ كثافته 0.90 جم / سم³ وبالمقارنة بعديد

الايثيلين PE فإنه يعتبر أكثر صلابة، أكثر شفافية، أفضل في خواص حجز الغاز، وله مقاومة حرارية أعلى وبالتالي يصلح لغلى الغذاء في العبوة boil - in - bag ويتحمل التعقيم بالبخار. من ناحية أخرى فإن عديد البروبيلين PP مرتفع التكلفة، ومقاومته للصدمات أقل خاصة عند درجات الحرارة المنخفضة ، كما أنه غير جيد القفل ويصعب قفله بالحرارة. وعديد البروبيلين له استخدامات عديدة في العبوات الغذائية - تماثل عديد الاثيلين - حيث يستخدم في صورة أغشية وفي العبوات التي تشكل بالحقن أو بالقولبة بالنفخ. كما يستخدم في الأغشية العادية lids وأغشية القفل المحكمة closures. ويوجد بالأسواق أغشية عديد البروبيلين PP سواء غير الموجه non - oriented PP والتي تعرف أيضاً بالأغشية المسحوبة cast، والموجه (OPP) oriented. ويتم هذا التوجيه بشد هذه الأغشية أثناء عملية التصنيع. ورغم ارتفاع تكلفة عديد البروبيلين الموجه OPP إلا أن خواصه أفضل كالشفافية، قوة تحمله للصدمات وخواصه الحجزية لبخار الماء والأكسجين.

يتميز PP بانخفاض ملمسه الشمعي وبارتفاع مقاومته للشحوم والمذيبات عن LDPE ، ولكنه ينتفخ عند تعرضه للتولوين أو الزيلين، وله نقطة ليونة softening point أعلى من عديد الاثيلين بنوعيه LDPE و HDPE .

3- عديد الستيرين (PS) Polystyrene :

يتميز عديد الستيرين بأنه شفاف عديم اللون وصلب له قوة تحمل عالية. كما يتميز بمقاومته للأحماض والقلويات القوية ولا يذوب في الايدروكربان الأليفاتية والكحولات القصيرة. لكنه يذوب في الاسترات، الايدروكربان العطرية والمكلورة، الكيتونات، والكحولات العالية. كما يتميز بسهولة التصنيع حيث يسحب كألواح، ويشكل بالحرارة، أو القولبة بالبنق أو بالحقن نظراً لإنخفاض نقطة انصهاره (190 فهرنهايت) وليونته عند درجة حرارة 90 - 95 ° مئوية. أيضاً فإن عديد الستيرين سهل التقصف brittleness ومنخفض المقاومة للصدمات، وعادة تتحسن هذه الصفة بخلطه بكميات صغيرة من محورات modifier المطاط الصناعي مثل بيوتادايين الستيرين styrene butadiene أو عديد البيوتادايين polybutadiene سواء بطريقة كيميائية أو ميكانيكية وبحيث تتقارب صفاته مع عديد الستيرين الأصلي.

يكثر استخدام عديد الستيرين الرغوى فى صناعة صوانى اللحم والبيض، الأكواب، والأوعية بتقنية التشكيل الحرارى بالسحب العميق من ألواح عديد الستيرين الرغوية المبتوقة. تعتمد كثافة الرغويات ومقاومتها للتفتت crush على حجم الخلايا الرغوية وعلى توزيعها والتي يمكن التحكم فيها عن طريق توزيعها ونسبتها المثوية ومدى تطاير عوامل النفخ المضافة مثل البننتان والأيزوننتان. يجابه استخدام عديد الستيرين هجوم هائل من جماعات حماية البيئة ومن المجتمع مما دفع حديثاً كبرى الشركات العالمية للأغذية السريعة للاستغناء عن عبوات PS الرغوية (الأغلفة الرخوية للماك الكبير وصوانى PS المبتوقة وأكواب المشروبات وأكواب المشروبات الساخنة ذات الفقاعة السطحية القابلة للامتداد) واحلالها بأغلفة ذات طبقات من PE والورق. بالرغم من أن هذه الأغلفة غير قابلة لإعادة التدوير فإنها تشغل حيزاً قليلاً فى أماكن تجميع القمامة. وحالياً يجابه استخدام عديد الستيرين فى محلات الجملة الضخمة مستقبلاً غامضاً.

4- عديد (كلوريد فينيل Polyvinyl chloride (PVC)) :

تتميز بأنها شفافة، خشنة، وصلبة ولكن الخامات راتقة ولامعة glossy ولها مقاومة عالية وصفات حجز جيدة للغازات، صفات حجز متوسطة للرطوبة، وذات نقطة مرونة أقل قليلاً من درجة الحرارة التي يحدث عندها انحلال للدائن. كما أنها مقاومة للأحماض والقلويات القوية والضعيفة، للزيوت والشحوم، ولكنها تذوب فى الاسترات والكيونونات وتتحطم بالايديروكربان العطرية. تتمتع الزجاجات المصنعة من PVC بشفافية جيدة ومقاومة للتصادم وتستعمل بكثرة لتعبئة زيوت السلاطة. وعادة يضاف لها الملدنات (استرات عطرية) حيث تؤدي إلى تدعيم الأغشية وتصبح أكثر مرونة ولكن تؤدي إضافتها إلى خفض قوة الشد حسب كمية الملدن المضاف. تستخدم أغشية بوليمر PVC لتغليف وتعبئة اللحم الطازج.

5- البوليمرات المدمجة لخلات فينيل الاثيلين :

Ethylene vinyl acetate copolymers (EVA)

لهذه البوليمرات مرونة مماثلة لـ PVC الطبيعي بدون إضافة الملدنات، وله مرونة أعلى من LDPE، ولها صفات حاجزة للغازات ولبخار الماء ومقاومة للمذيبات أقل من LDPE.

ويتميز هذا البوليمر المدمج بمقاومته للتشقق ولكن يسهل تكتله blocking بالمقارنة بأغشية LDPE ولذلك يضاف إليها مانعات التكتل anti - blocking بنسب مرتفعة .

6- عديد الاستر (PET) Polyester :

عبارة عن نواتج تكثيف عديد polycondensation لجليكول الاثيلين ethylene glycol وحمض التيرفثالاتيك terephthalic acid حيث يتكون بصفة رئيسية عديد (اثيلين تيرفثالات (ethylene terephthalate) poly (PET) وتختصر إلى (أو PETP). وهو مرتفع التكلفة نسبياً - مقارنةً بعديد الاثيلين وعديد البروبيلين - إلا أنه أقوى وأعلى في الخواص الحرارية والشفافية والصلابة toughness ولكنه فقير في خواصه الإنسيابية (الانزلاقية) slip إلا إذا أضيفت له مواد مضافة للإنسيابية والتي تجعله قليل العكارة hazy ويتوفر تجارياً باسم «ميلار» Mylar وتوجد منه أغشية موجهة وغير موجهة الجزيئات، وبالطبع فالأغشية الموجهة الجزيئات أعلى تكلفة ولكن تزداد فيها قوة الشد والصلابة والشفافية وخواصها الحاجزة. ونتيجة تحملها الفائق على مدى واسع من درجات الحرارة - لإرتفاع نقطة ليونتها حيث تنصهر عند درجة حرارة أعلى من 243 - 270 مئوية - فإنها تستخدم كمكون لأكياس تعبئة الأغذية التي يتم فيها الغليان boil - in - bag وطهى الأغذية، أكياس المعقمات، أكياس التعبئة تحت تفريغ لمنتجات اللحم المطبوخ، الأغشية المعدنية، وغيرها - ونظراً لقوة عديد الاستر PET وإنخفاض نفاذيته لثاني أكسيد الكربون وقوة تحمله لضغط الغاز فإنه يستخدم لصناعة زجاجات المياه الغازية والبيرة وزجاجات تعبئة الزيوت. وعن طريق شد الزجاجات المقولبة بالنفخ (توجه على المحورين) تزداد قوتها وخواصها الحاجزة للغازات. كما تم إنتاج عديد استر مبلور (CPET) crystallized polyester يمكن استخدامه عند درجات حرارة مرتفعة قريبة من 425 فهرنهايت لصواني تسخين الأغذية dual - ovenable . فى كوريا أنتج نوعين من الأكياس التي تتحمل التعقيم من أغشية مصفحة ثلاثية الطبقات (عديد استر / رقائق ألومنيوم / عديد بروبيلين) ورباعية الطبقات (عديد استر / رقائق ألومنيوم / نيلون / عديد بروبيلين) وتتحمل الأكياس المعبأة التخزين لمدة عام واحد عند درجة حرارة الغرفة (20 مئوية). يتميز عديد الاستر PET بخواص حاجزة للغازات تفوق نظيرتها من الـ PVC ومن عديد الأوليفينات polyolefins

ولكنه أقل من عديد الأكريلونتريل، وله صفات حاجزة جيدة لبخار الماء. ويتميز بأن له بريقاً وشفافية بصرية والتي تتأثر بالعامل المساعد (كالأنتيمون antimony، الجرمانيوم germanium، أو خليط منهما) الذي يضاف أثناء عملية البلمرة، وأحياناً يضاف الجرمانيوم للحصول على زجاجات عالية البريق.

7- عديد (كلوريد فينيلدين) (Poly (vinylidene chloride (PVdC) :

عبارة عن بوليمر مدمج copolymer، يعرف تجارياً باسم الساران saran، يتميز بخواصه الحجزية الجيدة حتى عند درجات حرارة ورطوبة عالية مما يجعله خاماً عبوة مناسبة لعمليات التعقيم. تستخدم بكثرة أغشية الساران في تعبئة اللحم والسجق والأسماك وغيرها. ولأن له قوة التصاق cling ولمعان عالية فإنه يستخدم في الأغلفة المحكمة لتعبئة الجبن. من عيوب PVdC ارتفاع تكلفته وصعوبة استخدامه كقصاصات أو كقطع صغيرة، كما أن بعض أنواعه حساس للحرارة مما يجعله صعب التصنيع وإعادة التدوير.

8- كحول فينيل - اثيلين (Ethylene - vinyl alcohol (EVOH) :

عبارة عن بوليمر مدمج (مختلط) متحلل مائياً يتكون من كحول فينيل والاثيلين، ويتميز بخواص حجزية عالية للأكسجين. تعتمد خواصه على التركيز النسبي للمونومرات المدمجة co - monomers : فزيادة محتوى كحول الفينيل تزداد خواص حجز الأكسجين وتخفض خواص حجز الرطوبة وتزداد صعوبة تصنيع البوليمر المدمج. يوجد مدى واسع من أنواع EVOH في الأسواق تحتوي على 25-50% اثيلين، يتميز بحجزية عالية للأكسجين في تركيبها المدمج (أو المزدوج) البثق coextruded مثل زجاجات الكاتشب والمايونيز والجلي، وزاد استخدامها حديثاً في عبوات الأغذية المعقمة.

من عيوب هذا الراتنج ارتفاع كل من هيجروسكوبيته وتكاليفه عن الـ PVdC، ويزداد معدل نفاذيته للأكسجين كثيراً بامتصاصه للرطوبة ولذلك يجب الاحتياط عند استخدامها لتعبئة الأغذية السائلة أو عندما يتوقع تعرضها لرطوبة عالية كما في داخل المعقمت. عادة تستخدم EVOH كغشاء رقيق داخلي في التراكيب المدمجة (أو المزدوجة) البثق مثل : PP / طبقة رابطة EVOH / tie layer / طبقة رابطة PP /، حيث تقوم طبقة عديد

البوليبيين PP بحماية طبقة EVOH من الرطوبة. كما تضاف مادة مجففة إلى طبقة الربط اللاصقة لامتصاص الرطوبة قبل أن تؤثر على طبقة EVOH. وتحتوى الأغشية البوليمرية عديدة الطبقات على EVOH أو طبقة PVdC لتعمل كمادة عبوة كالزجاج لتعبئة منتجات الفاكهة الساخنة.

9- السيلوفانات Cellophanes والبليوفيلم Plio film :

يصنف السيلوفان عادة كلدائن بالرغم من أن مكونه الأكبر هو السيلولوز، وهو عبارة عن بوليمرات طبيعية وليست مخلقة وتحتوى كل السيلوفانات بالإضافة للسيلولوز على ملدنات مثل الجليسرول وجليكول الاثيلين ethylene glycol (وهى مذيبيات منخفضة التطاير وتضاف لللدائن لخفض قوى التجاذب بين سلاسل البوليمر مما يؤدي إلى تحسن مرونتها). يسمى السيلولوز الملدن باسم السيلوفان السادة plain cellophane وهو عالى النفاذية لبخار الماء، يغطى عادة بعوامل واقية مثل النتروسيلولوز، الشموع، الراتنجات، أو البوليمرات المخلقة وهى التى تحدد خواص التعبئة للسيلوفانات. المادة الأساسية لإنتاج خلاص السيلولوز، إيثايل سيلولوز ethyl cellulose، نترات سيلولوز cellulose nitrate هى السيلوفان. وتشابه هذه المواد السيلولوزية cellulose في خواصها استخداماً فى تعبئة الأغذية.

أما البليوفيلم pliofilm فهو عبارة عن ايدروكلوريد المطاط rubber hydrochloride، يستخدم فى تعبئة بعض المواد الغذائية بعد إضافة الملدنات إليها وهى التى تحدد خواصها.

10- عديد الكربونات Polycarbonate PC :

يتميز بارتفاع قوة تصادمه impact strength، نقطة ليونته، له شفافية فائقة، يقاوم الأحماض والقلويات الضعيفة ولكنه يتحطم ببطء بالأحماض والقلويات القوية، ويذوب فى الايدروكربان الكلورونية والعطرية ولكنه لا يذوب فى البرافين.

23- 2- 6 الأغشية والأغطية القابلة للأكل Edible films & coatings :

استخدمت الأغشية والأغطية القابلة للأكل منذ مايزيد على خمسين عاماً، ولكنها لا تعتبر بديلاً عن مواد التعبئة والتغليف غير القابلة للأكل ولكنها تستخدم كمساعد على تحسين الجودة الشاملة للغذاء، إطالة عمره التخزينى shelf - life، وتحسين الكفاءة الاقتصادية لمواد

التعبئة. من الناحية الوظيفية فهي تؤخر هجرة ونقل كل من الرطوبة، غازات الاكسجين وثنائي أكسيد الكربون، الزيوت والدهون، والمذاب. كما تحسن الخواص الميكانيكية لتداول الأغذية، تمنح تركيباً إضافياً لسلامة الأغذية، تحفظ مركبات النكهة الطيارة، وتحمل المواد المضافة للأغذية. وهي تشابه في ذلك الخواص الوظيفية للأغشية غير القابلة للأكل (المخلقة). وعامة تعتمد الخواص الوظيفية للأغشية والأغذية القابلة للأكل على نوع المادة الغذائية وكيفية تلفها، فمثلاً الأغذية أو الخلطات الغذائية غير المتجانسة الغنية في الدهون غير المشبعة يصلح لها أغشية مقاومة لنقل الاكسجين، أما عند استعمالها لتأخير جفاف الفواكه والخضروات الطازجة فيجب أن يتوفر فيها نفاذية مناسبة للاكسجين وثنائي أكسيد الكربون لتلافي التنفس اللاهوائي.

تعتبر مقاومة الغشاء أو الغطاء القابل للأكل لهجرة الرطوبة من أهم خواصها الوظيفية وذلك لضرورة الاحتفاظ بالمستويات الحرجة لنشاط الماء a_w في كثير من الأغذية. فتؤدي زيادة نشاط الماء عن 0.40 - 0.45 إلى فقد هشاشة أغذية الحبوب الخفيفة الجافة، كذلك فإن انخفاض نشاط الماء عن 0.85 ، 0.70 ، 0.60 يؤدي إلى تثبيط نمو البكتيريا، الخميرة، والفطر على الترتيب.

بعض الأغشية القابلة للأكل خاصة المكونة من بوليمرات محبة للماء تتميز بعدم نفاذيتها للزيوت والدهون وتستخدم للآغذية المقلية في الزيت لتأخير امتصاصه من الغذاء مما يحسن جودتها التغذوية وصفاتها العضوية الحسية ويؤخر انتشار المواد المذابة من السطح إلى داخل الغذاء. وقد استخدمت الأغشية البروتينية للاحتفاظ بتركيزات من حمض السوربيك على سطح الأغذية متوسطة الرطوبة، واستخدمت كأغشية سطحية مع الجمبري والكاربوريا أثناء تجميدها في محلول ملحي لتقليل إنتشار الملح فيها.

تركيب الناتج الغذائي يتم تدعيمه بلفه بغطاء قابل للأكل مما يؤدي إلى تحسن تحمله أثناء التصنيع، التخزين ، والتوزيع خاصة الأغذية المثلثة والمقوية. تستخدم الأغشية القابلة للأكل المصنعة من دهون وغرويات محبة للماء لتغطية مواد الرفع leavening ومركبات النكهة في صورة كبسولات دقيقة microencapsules (بعملية كبسلة دقيقة microencapsulation) لتأخير فقد كفاءة عملية الرفع أو فقد مكونات النكهة.

ويستفاد بالأغشية القابلة للأكل فى إدخال معظم المضافات مثل مضادات الميكروبات ومضادات الأكسدة إلى مواضع معينة فى الأغذية دون رفع لتركيزها الكلى النهائى فى هذه الأغذية .

تتكون معظم الأغشية القابلة للأكل من بوليمر واحد على الأقل على الوزن الجزيئى، حيث يلزم تركيب طويل السلسلة لتكوين الغشاء بقوة تماسك تعتمد على تركيبه الكيماوى، طبيعة المذيب المستخدم، إضافة عوامل ارتباط عرضية (بيئية) cross linking ، وكذلك على ظروف تكوين الغشاء . زيادة التركيب التماسك للغشاء تؤدى إلى خفض مرونته ومسامه ونفاذيته للغازات والأبخرة والمواد الذائبة . يزداد تماسك الغشاء بزيادة طول سلسلة البوليمر المستخدم وزيادة قطبيته . كما يؤدى التوزيع المتجانس للمجموعات القطبية على طول سلسلة البوليمر إلى زيادة التماسك نتيجة زيادة الروابط الأيدروجينية داخل السلسلة وزيادة التفاعل الأيونى البيئى ionic interaction . بإزالة مجموعات الميثايل من البكتين فإنه تزداد مجاميع الكربوكسيل الحرة المعرضة ويحدث الارتباط العرضى فى وجود الأيونات ثنائية التكافؤ مما يؤدى إلى زيادة قوى التماسك والشد tensile للأغشية الجافة .

يستخدم الماء أو الايثانول أو مخلوط منهما كمذيبات فى تكوين الأغشية القابلة للأكل . يؤدى استخدام المذيبات الدافئة على أسطح الأغذية الدافئة إلى إنتاج أغشية قابلة للأكل عالية التماسك .

يجب عدم رفع درجة الحرارة حتى لا تتكون أغشية معيبة تحتوى ثقب كثيرة وغير متجانسة السمك وكلاهما يزيد نفاذية الغشاء . وسنتكلم فيما يلى عن الأغشية القابلة للأكل سواء كانت من مكون واحد أو مركبة .

أولاً : أغشية السكريات العديدة Polysaccharide films :

تشمل كثير من السكريات العديدة ومشتقاتها ونظراً لطبيعتها البوليمرية المحبة للماء فإن لها خواص حجزية ضعيفة للرطوبة، ورغم ذلك فإن بعض السكريات العديدة عند استخدامها كأغشية مجلنة عالية الرطوبة فإنها تؤخر فقد الرطوبة فى بعض الأغذية مثل مصنعات اللحم أكثر من عمله كحاجز لإنقال الرطوبة، ثم يجب الغطاء مع الوقت ويبدأ جفاف الغذاء

المغلف داخله. تعطى بعض أغشية السكريات العديدة وقاية فعالة ضد أكسدة لبيدات الأغذية وبعض مكوناتها الأخرى. ويوجد أنواع كثيرة من أغشية السكريات العديدة القابلة للأكل منها ما يلي :

1- الألبينات Alginate :

عبارة عن ملح الصوديوم لحمض الجينيك alginic acid وهو عبارة عن سلاسل مستقيمة لحمض عديد يورونيك polyuronic مرتبطة معا بالرابطة الجليكوسيدية (1-4)، ويستخلص من الأعشاب البحرية البنية. تتكون الألبينات من ثلاثة أجزاء بوليمرية (بلوكات) هي: حمض عديد - بيتا - د- ماتيورونيك (m) ، حمض عديد - ألفا - ل - جليورونيك guluronic (G) ، وبلوكات متكونة من أجزاء متبادلة منهما (m و G) .

تستخدم أغشية الألبينات المجلنتة مع مختلف نوعيات اللحم مثل القطيعات البقرية، ذبائح النعاج، وأجزاء الدواجن ليقط جفافها حيث يعمل الغطاء الجلى كعامل فقد رطوبة بديل ولذلك فإن أغشية الألبينات الجلية قليلة أو عديمة الفائدة فى منع هجرة الرطوبة بين المكونات الداخلية للأنظمة الغذائية متعددة الأوجه. وقد لوحظ إنخفاض العد الميكروبي الكلى فى اللحم المبرد المغطى بالألبينات الكالسيوم واحتفاظه بلونه الأحمر، كما تعمل الألبينات على وقاية مكوناتها (خاصة اللبيدات) من الأكسدة وتحسن قوامها.

2- البكتين Pectin :

يتكون بصفة رئيسية من بوليمرات حمض د- جالاكتيورونيك بدرجات متفاوتة من مجاميع الميثايل المؤسرة. بإزالة الأسترة تنتج بكتينات منخفضة الميثوكسيل، الذى يذوب فى البيئات المائية، ويكون الجل gels فى وجود أيونات الكالسيوم. أغشية جل البكتينات تؤخر فقد الرطوبة من الغذاء المغطى به حيث تعمل كعامل بديل لفقد الرطوبة، حيث تتميز بنفاذية عالية لبخار الماء (تبلغ 300 جرام ماء. ميل / متر² / يوم / 1 مم زيتيق عند 25 مئوية و فرق رطوبة نسبية 50%). لزيادة استعمالات أغشية البكتين الجافة، فإنه يلزم زيادة مقاومته لنفاذية بخار الماء ويمكن التوصل لذلك جزئياً بتغطيته باللبيدات لنفاذية بخار الماء ويمكن التوصل لذلك جزئياً بتغطيته باللبيدات .

3- الكاراجينان Carrageenan :

يستخلص من الأعشاب البحرية الحمراء ، ويتكون من عائلة من السكريات العديدة المكبرية sulfated لسكريات د - جالاكتوروز، و3،6 - أنهيدرو - د - جالاكتوروز. ويتبريد محاليل البوليمر الدافئة يتكون الجل حيث يكون تركيب حلزون مزدوج معطياً شبكة ثلاثية الأبعاد وذلك في وجود قناطر ملحية . يستخدم جل الكاراجينان لتغطية الأغذية سواء بمفرده أو مضافاً إليه حمض السوربيك كمادة حافظة لتأخير نمو الميكروبات على سطح الجبن متوسط الرطوبة، كذلك تثبت immobilized الشحنة السالبة لبوليمر الكاراجينان عند الغطاء السطحى، بينما يكون الماء والمواد الذائبة منخفضة الوزن الجزيئى - مثل الالكتروليتات - حرة في أن تهاجر بين الغذاء والسطح، ويؤدى انخفاض رقم الأس الأيدروجينى عند السطح إلى زيادة الصورة الفعالة غير المتأينة لحمض السوربيك 2.5 مرة .

4- النشا Starch :

يتكون نشا الذرة (cs) corn starch العادى من 25 % أميلوز و 75 % أميلوبكتين بينما يحتوى نشا الذرة الهجين على 85 % أميلوز يمكن إستخدام النشا على الأميلوز في تكوين الأغشية القابلة للأكل التى تتميز بشفافيتها وعدم نفاذيتها للأكسجين عند مستويات رطوبة نسبية أقل من 100 % سواء للأغشية غير الملدنة أو الملدنة بإضافة 16 % جليسرول . أما الأغشية المصنوعة من نشا يحتوى على الأيدروكسى بروبايل hydroxy propylated starch فليس لها أى مقاومة لمرور بخار الماء بينما هى غير منقذة للأكسجين سواء فى الأغشية غير الملدنة أو الملدنة عند 25 ° مئوية و 78 % رطوبة نسبية ، ويزيادة الرطوبة النسبية عن ذلك، تتمزق الأغشية نتيجة امتصاصها للرطوبة وتزداد نفاذية الأكسجين بهدرتة الأغشية . وقد استخدمت أغشية النشا المحتوى على الأيدروكسى بروبايل فى تعبئة عجائن اللوز almond nut meats حيث تؤخر ظهور التزنخ التأكسدى أثناء التخزين . وتستخدم أغشية عديد الأثيلين المحتوية على نشا ذرة (CSC)PE corn starch containing films لتخزين النظم الغذائية الجافة أو الرطبة منخفضة اللبيدات، ولكنها لا تصلح لتعبئة اللحم المفروم حيث تتلامس اللبيدات مع أسطح الغشاء أثناء التخزين .

5- الدكستريانات Dextrins :

عبارة عن نواتج التحلل المائي للنشا، وأقترح استخدام الدكستريانات منخفضة مكافئ الدكستروز (DE) dextrose equivalent كأغطية واقية . ونظراً لطبيعتها المحبة للماء فإن لها مقاومة محدودة على إنتقال بخار الماء عند استخدامها لتغطية أغشية خلاص السليولوز. تزداد مقاومة أغشية الدكستريانات منخفضة مكافئ الدكستروز لمرور بخار الماء بمقتلر 2-3 أمثال مقارنة بأغشية النشا، كما أدت إلى المحافظة على قوام عجائن اللوز المغطاة بها أثناء التخزين.

تظهر أغشية الدكستريانات منخفضة مكافئ الدكستروز بعض المقاومة لنفاذية الأكسجين وظهر ذلك عند غمر شرائح تفاح فى محلول 40 ٪ من الدكستريانات (15 DE) قبل تجفيفها حيث أخرت التلون البنى وقد يعزى السبب فى ذلك إلى تأخير دخول الأكسجين.

6- مشتقات السليولوز Cellulose derivatives :

يتكون السليولوز من وحدات د- جلوكوز مرتبطة معا بروابط 4.1 - بيتا جلوكوسيدية. وفى حالته الطبيعية ينتشر مجاميع الايدروكسى ميثايل لبقايا أنهيدروجلوكوز تبادلياً أعلى وأسفل مستوى البوليمر مما يسبب تعبئة محكمة لسلسلة البوليمر وتركيب بلورى يقاوم الذوبان فى الوسط المائى. وتزداد ذائبية مشتقات السليولوز مثل : كربوكسى ميثايل سليولوز (CMC) carboxy methyl cellulose ، ميثايل سليولوز (MC) methyl cellulose ، ايدروكسى بروبايل سليولوز (HPMC) hydroxy propyl methyl cellulose . تتكون الأغشية بنجاح من CMC الأنيونى ومن MC ، HPMC ، و HPC غير الأيونية. ودون البوليمرات المحبة للماء فإن HPC هو الوحيد الذى يعتبر رائدجا للذائى الحرارية (المتلدنات الحرارية thermoplastics) يمكن بثقه من الحالة المنصهرة لتكوين أغشية . يعتبر MC أقل اثيرات السليولوز (الذائبة فى الماء) فى صفاته المحبة للماء ويكون أكثرها مقاومة لمرور بخار الماء.

يتميز MC و HPMC بخاصية فريدة فى تكوين الجل عكسياً بالحرارة فى النظم المائية، ويتكون التركيب الجلى ثلاثى الأبعاد عند درجة الحرارة الحرجة، وبالتبريد تحت

هذه الدرجة، ينعكس متحولاً إلى محلول. يتكون جل قوى نسبياً فى المحاليل المائية لميثايل السليلوز MC عند درجة حرارة حرجة حوالى 50° مئوية، بينما يتكون جل ضعيف القوة من محاليل HPMC بالحرارة عند 50-80° - مئوية حيث تعتمد درجة الحرارة على درجة الاستبدال النسبى فى الجزئ من مجاميع الميثايل والايديروبروبايل، ولا تكون المحاليل المائية للايديروبروبايل سليلوز HPC جلاً بالتسخين حيث أنها تتجمع flocculate عند حوالى 40° مئوية.

استخدمت مقدره MC و HPMC على تكوين أغشية مجلنتة فى إنتاج عدد من المقليات الفرنسية المضغوطة وحلقات البصل المقلية. بزيادة الوزن الجزيئى للسليولوز فى أغشية MC و HPC تزداد نفاذيتها للأكسجين (OP) oxygen permeability، لبخار الماء (WVP) water vapor permeability، وقوة شدھا (TS) tensile strength. تزداد استطالة elongation أغشية الميثايل سليلوز MC بزيادة الوزن الجزيئى ولكنها تكون فى أقصاها عند وزن جزيئى متوسط (370.000). وبزيادة سمك أغشية MC تزداد استطالتها ولكنه لا يؤثر على نفاذيتها لكل من الأكسجين وبخار الماء أو قوة شدھا. أما عند زيادة سمك أغشية HPC فإن استطالتها وقوة شدھا تزداد ببطء. إنما لا تتأثر صفات نفاذيتها لكل من الأكسجين أو لبخار الماء. وبزيادة تركيز الملدنات plasticizers فى هذين النوعين من الأغشية (MC و HPC) تزداد الإستطالة ونقل قوة الشد. ويسرع وجود الملدنات فى الأغشية السليلوزية أو يؤخر نفاذيتها للأكسجين أو لبخار الماء.

إجراء العديد من الدراسات على الأغشية المصنعة من HPMC قد أتاح استخدامها فى تغليف الأغذية منذ نهاية عام 1994 م حيث استخدمت كأكياس (أو كبسولات) مرنة لمكونات الأغذية الجافة حيث تمنع عملية الكبسلة encapsulation مشكلة إنتشار غبار المواد الجافة فى وحدات التصنيع. وتتميز هذه الأغشية بذوبانها فى الماء البارد بينما يذوب الجل المتكون فى الماء الساخن. ويمكن قفل هذه الأغشية بالحرارة أو بالمحلول (الماء)، كما يمكن من وضعها رأسياً على سير الماء وتفريغها من الهواء وقفلها فى ماكينات القفل.

ثانياً : الأغشية البروتينية Protein films :

لم يدرس هذا النوع من الأغشية بكثرة كما حدث مع أغشية السكريات العديدة، ويتبعه الأقسام التالية:

1- الكولاجين Collagen :

يستخدم في تكييف السجق الجاف ومنتجات اللحوم الأخرى ورغم قابليته للأكل إلا أنه لا يذوب في الماء وغالباً يتم إزالته قبل استهلاك الناتج. عادة يلتصق الكولاجين على سطح اللحم ويحافظ على عصيرته، وعند تفكيكه وطبخه ينصهر غشاء الكولاجين ويذوب وتؤكل أية بقايا منه مع اللحم دون تأثير على الصحة أو عنى مذاق اللحم المعبأ. تستخدم جرابيات pouches الكولاجين في تعبئة بعض الأغذية الجافة مثل مسحوق الكاكاو والبن. تستخدم الأغشية caps المصنوعة من جل يحتوى على الكولاجين القابل للأكل في العبوات المستخدمة لمرة واحدة single - service للجيلي والشراب. فى كل الأمثلة السابقة يلزم استخدام عبوة خارجية لحمايتها أثناء الشحن والتخزين والعرض، وترجع فائدتها إلى الاستغناء عن العبوة الأولية الداخلية .

2- الجيلاتين Gelatin :

عبارة عن ناتج تحلل الكولاجين ، يتكون من 18 نوع من الأحماض الأمينية مرتبطة معا بالرابطة الببتيدية ويتفرع الجزئ مع تعريض مجموعات حرة جوانيدنية guanido وأخرى كربوكسيلية، التى تلعب دوراً فى تكوين الرابطة الأيدروجينية. تتغير نقطة التوازن الكهربى للجيلاتين طبقاً لطريقة تحضيره، ويكون جلاً حرارياً عكسياً عند تبريد محاليل الجيلاتين الدافئة، ويتضمن ميكانيزم تكوين الجل روابط عرضية أيونية بين مجموعات الأمين والكربوكسيل لبقايا الأحماض الأمينية فى السلاسل الجانبية، وكذلك رولبط ايدروجينية . وقد استخدم غطاء الجيلاتين لتغطية قطع لحم الدواجن قبل التخزين المجمد وأعطى وقاية محدودة من ظهور التزنخ التأكسدى، وتزداد هذه الوقاية كثيراً بإضافة مضادات الأكسدة لطبقة الجيلاتين. وقد تبين ضعف خواص حجز الرطوبة فى أغشية الجيلاتين الجاف (وكذلك أغشية كل من الكازين ، ألبومين السيرم، وألبومين البيض).

يمكن تحسين صفات حجز الرطوبة والغاز عن طريق الارتباط العرضى لسلسلة عديد الببتيد مع حمض اللاكتيك والتانيك أو أيونات الكالسيوم، حيث تقلل حركة سلسلة البوليمر، ولا تؤثر المعاملة بأيونات الكالسيوم على هذه الصفات.

يستخدم الصمغ العربى (الأفاقيا) acacia مع الجيلاتين لتكوين الأغشية حيث يحدث تجاذب بين الشحنات السالبة فى الأفاقيا وبين الشحنات الموجبة فى الجيلاتين، ويزداد تثبيت هذا الغشاء (عدم الذوبان) بالروابط العرضية فى وجود أيونات الكالسيوم حيث يؤثر نوع الجيلاتين والصمغ وطريقة التثبيت على نفاذية هذه الأغشية، كما يمكن تكوين هذه الأغشية بتقنية تبخير المذيب.

3- البروتينات النباتية Plant proteins :

تحظى باهتمام متزايد فى الوقت الراهن كأغشية قابلة للأكل، ووجد أن لأغشية زايين الذرة (corn zien (cz) ، جلوتين القمح (Wheat gluten (WG) ، والمكونة من مخلوط جلوتين القمح ومعزولات بروتين الصويا (soya protein isolates (SPI) (بنسبة 2.1 : 0.9) كفاءة عالية لحجز الأكسجين مقارنة بالأغشية القابلة للأكل غير البروتينية وأيضاً بخامات لدائن التعبئة.

تتكون أغشية جلوتين القمح فى مدى رقم أسى ايدروجينى من 2-4 ، ومن 9-13، بينما تتكون أغشية معزولات بروتين الصويا فى مدى رقم أسى ايدروجينى من 1-3 ، ومن 6-12. من ناحية أخرى، فإن قرب هذه البروتينات من نقطة التعادل الكهري يبطئ تكوين الأغشية منها حيث تتجمع هذه البروتينات ولا تنتشر جيداً . وجد أن أغشية معزولات بروتين الصويا المحضرة عند رقم أسى ايدروجينى من 6 إلى 11 لها قوة شد واستطالة عالية مع انخفاض نفاذية بخار الماء عن تلك المحضرة منها عند رقم أسى ايدروجينى من 1-3 . كما تتميز أغشية جلوتين القمح المحضرة فى الوسط القلوى بقوة شد أعلى من تلك المحضرة فى الوسط الحامضى، ووجد أن لأغشية زايين الذرة خواص جيدة لحجز الماء.

تلقى الأغشية المصنوعة من الغلال (WG، CZ، SPI) القابلة لاطعام الحيوانات اهتماما كبيرا فى الوقت الحالى لاستخدامها كمغلفات لسندويشات الوجبات

السريعة fast-food sandwich wrappers، نتيجة صلاحيتها كغذاء للحيوانات وإمكانية التسميد بها بعد استعمال ما بداخلها، حيث يمكن لجامعى القمامة توريدها للمزارع بدلاً من إلقاءها فى المطامر أو المحارق. وأمكن استخدام طبقات من زايين الذرة والورق لتحل محل أغلفة السندويشات من عديد الايثيلين PE والورق. تستخدم الأغشية القابلة للأكل من البروتينات النباتية السابقة عن طريق الغمر أو الرش على أسطح ثمار الفاكهة والخضروات الطازجة لإطالة عمرها التخزينى وربما المحافظة على قيمتها التغذوية.

4- بروتينات اللبن Milk proteins :

تستخدم بروتينات اللبن كأغشية واعدة كأغلفة أو شط أو كطبقات فاصلة بين مكونات الناتج الغذائى مثل استخدامها بين أغلفة الفطائر المجمدة وبين حشوها لتحيد من هجرة الرطوبة، وكأغشية للسك المجد والمنتجات الطازجة والغلال والأغذية الخفيفة لتحيد من هجرة الرطوبة والأكسجين.

وقد استخدمت أغشية بروتينات اللبن القابلة للأكل فى عام 1995 لمقدرتها غير المحدودة فى مساعدة مصنعي الأغذية على تقليل مواد التعبئة لمنتجاتهم وإطالة عمرها لتخزينى، وكذلك فإنها تقلل الحاجة للمواد الحافظة ولمضادات الأكسدة. فى بعض التطبيقات يمكن الاستغناء من المواد الحافظة أو خفض تركيزها للاحتفاظ بها على سطح الغذاء مع فعالية قصوى للمادة الحافظة وتخفيض كميتها فى الغذاء.

تتميز أغشية بروتينات شرش اللبن (وكذلك أغشية دهن اللبن) بشفافيتها ومذاقها غير الملحوظ (أو دهنى خفيف bland). وتتوفر هذه الأغشية كذاذ spray لاستخدام المستهلك فى المنزل. وقد استخدمت أغشية بروتينات شرش اللبن كأغشية فى الخلطات الغذائية للجافة والنقل nuts لتبطين من هجرة الأكسجين وذلك ابتداءً من عام 1995، وتتوفر حالياً لأغشية بروتينات لبن لها صفات حجز رطوبة وذات نكهة جيدة، وكذلك فإنها تحجز اليبيدات ومكونات النكهة.

ثالثاً : الأغشية الليبديية Lipids films :

يتم لف المنتجات الغذائية من قديم بالدهون (أغشية الشيكولاته) والمنتجات الطازجة

(مثل تشميع الفاكهة)، وتفيد بصفة أساسية فى إيقاف نقل الرطوبة لإنخفاض قطبيتها. كذلك فإن لها وظائف أخرى كأغطية واقية تقلل من سطوح الفاكهة المعرضة للاحتكاك abrasion أثناء التداول، وكذلك لتقليل ظهور البقع الطرية soft scald فى التفاحيات المخزنة، على الرغم من أنها مشكلة فسيولوجية تؤدي إلى دكامة جلدها وإحمرارها أثناء التخزين عند درجات حرارة منخفضة حيث لوحظ إنخفاض هذه الظاهرة فى التفاحيات المغطاة باسترات الأحماض الدهنية أو بالدهون والزيوت القابلة للأكل بعد جمعها مباشرة. ويستخدم لذلك استرات الميثايل لأحماض اللوريك، البالمتيك، الاستياريك، الأوليك، اللينوليك، واللينوليك وزيوت النخيل، عباد الشمس، القرطم، جوز الهند ودهن الخنزير والليسين ورغم أن ميكانيزم منع هذه الظاهرة غير معروف إلا أنه يعتقد أنها تثبط تخليق الهكسانول hexanol (وهو ناتج سام فى الميتابوليزم). وسنوضح فيما يلى بعض أنواع الأغشية الليبديية.

1- الجليسيريدات المؤسلة (AMG) Acetoglycerides :

ينتج عن أسئلة الجليسرول أحادى ستيرات بواسطة اندريد الخليك، 1- استيارو ثنائى أستين 1-stearodiacetin الذى يتميز بإمكانية تصلبه من الحالة المنصهرة إلى مادة مرنة صلبة تشبه الشمع. ويمكن شد (مط) stretched جليسرولات أحادى الاستيرات المؤسلة AMG إلى حوالى 800 % من طولها الأسمى بعكس معظم الليبيدات الصلبة التى يمكن شدها بمقدار 102 % فقط، وبعدها تتعرض للتقصف. تتراوح نفاذية بخار الماء عند 25° مئوية للأصناف التجارية والنقية لأغشية AMG بين 10.1 - 24 ، 34.4 - 67 جرام ماء ميل / متر² / يوم / مم زئبق على الترتيب عند رطوبة نسبية 100 % . وبالرغم من أن نفاذية بخار الماء لأغشية AMG أقل من كل معظم أغشية السكريات العديدة إلا أنها أعلى من قيم نفاذية كل من ايثايل وميثايل السليولوز . تعتمد مقاومة أغشية AMG لمرور الرطوبة على تدرج ضغط بخار الماء عبر الغشاء. تستخدم أغطية AMG مع قطعيات الدواجن واللحم لوقايتها من الجفاف أثناء التخزين . ويقل فاقد الجفاف من 30.2 % فى قطع الدواجن غير المغطاة إلى 6.3 % فى القطع المنقوفة بواسطة AMG والمخزنة لمدة عشرة أيام بالتبريد .

2- الشموع Waxes :

تقاوم أغشية الشموع القابلة للأكل نقل الرطوبة أكثر من أية أغشية أخرى لبيدية أو غير لبيدية . وهي أكثر كإبحاث blocking هجرة الرطوبة فعالية خاصة شمع البرافين ولبه شمع النحل حيث أن النفاذية خلال شمع النحل أقل عشر مرات عنها خلال غشاء AMG وأقل 100 - 200 مرة عن أغشية البكتينات والكازين. أما مقاومة نقل الماء في أغشية شموع البرافين والنحل فتعتمد على تركيبها الجزيئي، حيث يتكون شمع البرافين من مخلوط سلاسل ايدروكربونية طويلة مشبعة أما شمع النحل فيتكون من مخلوط من 71% استرات طويلة السلسلة محبة للماء، 15% سلاسل ايدروكربونية طويلة، 8% أحماض دهنية طويلة السلسلة وال 6% المتبقية عبارة عن مركبات غير محددة. يوضح ذلك غياب المجموعات القطبية من البرافين وهي قليلة جداً في شمع النحل مما يكسبها مقاومة عالية لنقل الرطوبة .

تقاوم الأغشية الشمعية أيضاً إنتشار أيونات البنزوات وخاصة شموع البرافين والكارنوبا carnauba ولكن تقل هذه المقاومة قليلاً في شمع النحل مما يجعلها مؤهلة يحفظ تركيز عالي من البنزوات على سطح الناتج الغذائي . تؤدي تغطية الفاكهة الطازجة بالشمع لإطالة عمرها التخزيني ، حيث يستخدم شموع: البرافين، النحل، الكارنوبا الكاندليللا candelilla ، ورجيع الكون في تغطية ثمار الموالح، التفاح، الكمثرى، الموز الأفوكادو، الخيار، الجزر، البطاطس، البطاطا، الطماطم، الفلفل، والبادنجان .

باستخدام محلول شمع كاندليللا (زيت / ماء) لتغطية الليمون البنزهير انخفض فاقد الماء المتبخر إلى نصف الفاقد في الثمار غير المغطاة. أدى استخدام الأغشية التي تطرد الأكسجين وتحجز ثاني أكسيد الكربون إلى حدوث تنفس غير هوائى مما أدى إلى ظهور أمراض فسيولوجية، وينخفض عمرها التخزيني . كما تشمع بعض ثمار الفاكهة المجففة أو تدهن بالزيت لتؤخر فقد الرطوبة والذي يتبعه ظهور بللورات سكرية تؤدي إلى قوام غير مقبول. يؤدي استخدام زبيب مغطى بشمع النحل في وجبات الإفطار المكونة من الحبوب إلى خفض إنتقال الرطوبة من الزبيب إلى الحبوب مما يحافظ على هشاشتها ويؤدي إلى إطالة عمرا التخزيني (خاصة في مخاليط الأغذية) بمقدار ثلاث مرات.

يستفاد بالمرونة الكبيرة في AMG بإدخاله في أغشية الشمع لزيادة مرونته دون التأثير على مقدرة أغشية الشمع في مقاومة إنتقال الرطوبة، ويفيد هذا الإتجاه عند إستخدام الأغشية الشمعية مع الأغذية المخزنة عند درجات الحرارة المنخفضة.

3- العوامل الفعالة سطحياً Surfactants :

تستخدم العوامل الفعالة سطحياً لتغطية الأغذية لتقليل كل من النشاط المائي A_w بين السطحى ومعدل فقد الرطوبة بالتبخير. وأمكن خفض معدل الجفاف السطحى بتغطية نظام غذائى نموذجى - جل أجار - بلبيدات فعالة سطحياً - تعتمد كفاءة هذه العملية على تركيب المواد الفعالة سطحياً المستخدمة. ووجد أن أعلاها كفاءة ، الكحولات الدهنية المحتوية على 16 ، 18 ذرة كربون، جليسرول أحادى البالميتات، وجليسرول أحادى الاستيرات. فيؤدى استخدام أغشية من جليسرول أحادى الاستيرات إلى خفض النشاط المائي بين السطحى وفاقده الرطوبة بمقدار 75 ٪ من جل الأجار - تنخفض صفات حجز الرطوبة للمواد الفعالة سطحياً بإدخال روابط مزدوجة في السلسلة الايدروكربونية للجليسريدات الأحادية بينما تتحسن هذه الصفة بإطالة السلسلة الايدروكربونية إلى 16-18 ذرة كربون في الكحولات الدهنية والجليسريدات الأحادية، ولكن تتلف هذه الصفة عند إطالة هذه السلسلة إلى 20 ذرة كربون، وتتضارب هذه النتيجة مع ما وجد في دراسة أخرى من زيادة مقاومة نفاذية بخار الماء لوغاريتيميا بإطالة السلسلة الايدروكربونية. تؤدى التغطية بالعوامل الفعالة سطحياً وخفض النشاط المائي a_w بين السطحى إلى تأخير النمو الميكروبي والتفاعلات الإنزيمية والكيمائية عند السطح. كما تمنع اخضرار البطاطس بتثبيط تخليق الكلوروفيل وكذلك جليكوزيدات أشباه القلويات glycoalkaloids التى تتولد بالضوء عند تغطيتها بالليسين والايديروكسى ليثيسين والتوينات (وهى الاسترات غير الأيونية للأحماض الدهنية مع عديد الأوكسى ايثيلين سوربيتان). ووجد أن التركيب الشبكي للمواد الفعالة سطحياً أكثر مقاومة لنفاذية ثانى أكسيد الكربون.

رابعاً : الأغشية المركبة Composite films :

قد تكون الأغشية والأغشية القابلة للأكل غير متجانسة حيث تتكون من مخاليط

السكريات العديدة والبروتينات و/أو الليبيدات وذلك للاستفادة بالخواص الوظيفية لكل منها،
كما يلي :

1- خواص حجز الرطوبة Moisture - barrier properties :

يؤدي إدخال الشموع الطبيعية والأحماض الدهنية في أغشية البكتين منخفض الميثوكسيل إلى تحسين مقاومة الغشاء لنفاذية بخار الماء. وكانت النتيجة أكثر فعالية عندما تضاف كغطاء سطحي على الغطاء الأولي عنه عندما يعلق مع مذيب الغطاء الأول غير أن عكس هذه النتيجة قد وجد عام 1984، حيث قلت النفاذية بمعامل قدره 10 عندما أضيف مخلوط حمضى البالميتيك والاستياريك إلى المذيب (إيثانول + ماء) المحتوى على HPMC عنه لو غطى الغشاء الأول (HPMC) بغشاء الأحماض الدهنية هذا الغشاء ثنائي القطبية يتميز بارتفاع خواصه المقاومة لنفاذية بخار الماء حتى عند رطوبة نسبية مقدارها 90 % وأعلى من $a_w = 0.9$ حيث يادرت الغشاء ويفقد كفاءته التركيبية. وقد تأكدت فعالية هذا الغشاء ثنائي القطبية (HPMC / أحماض دهنية) في دراسة تخزينية لمخلوط غذائي يتكون من عجينة طماطم (a_w مرتفع) ومطحون مخبوزات (a_w منخفض يساوى 0.39) حيث وجد أن وضع هذا الغشاء بين سطحيهما أوقف تحرك الرطوبة من عجينة الطماطم إلى مسحوق المخبوزات مما أدى إلى إطالة العمر التخزيني للمخبوزات المخزنة عند -20° مئوية إلى أكثر من 70 يوم بدلاً من 21 يوم .

تم تجربة غشاء مركب قابل للأكل LAM يتكون من شمع الحل/ HPMC/MC يحتوى مخلوط حمضى البالميتيك والاستياريك ووجد أنه مقاوم لنفاذية بخار الماء - حتى عند a_w تساوى واحد - وتساوى 0.3 جرام ماء ميل / mil / م² / 1 مم زئبق عند 25° مئوية، والتي تتقارب مع نفاذية الأغشية المخلفة غير القابلة للأكل مثل PVC و LDPE. تعتبر بشرة الأغشية النباتية cuticular membranes تركيب غير متجانس عديد الطبقة حيث يتكون من بوليمر محب للماء وهو الكيوتين cutin وأعلاه الطبقة الشمعية غير القطبية ويشبه تركيب الأغشية القابلة للأكل. ووجد أن استخدامها يؤخر فقد الرطوبة ويطيل العمر التخزيني للمنتجات الغذائية المجمدة. وقد استخدمت أغشية قابلة للأكل مكونة من عدة طبقات: طبقة من حمضى البالميتيك والاستياريك وشمع الكارنوبا على طبقة من الجيلاتين أو

الكازين فأعطت جزءاً جيداً لبخار الماء.

2- خواص حجز الغاز Gas - barrier properties :

يؤدي لف المنتجات سريعة التلف بالأغشية أو تغطيتها إلى تقليل نفاذية الغازات لإيقاف التنفس الهوائي وإطالة عمرها التخزيني. وقد طورت أغشية نصف منفذة مركبة لتغطية الفاكهة والخضر الطازجة، تتكون من ملح الصوديوم للكريوكسي ميثايل سليولوز CMC / استرات السكروز مع الأحماض الدهنية ويسمح هذا الغشاء بخفض تركيز الأكسجين في الأنسجة الداخلية للثمار بدون زيادة مكافئة في تركيز ثاني أكسيد الكربون مما يقلل من حدوث التنفس اللاهوائي، ولهذه الأغشية نفاذية إختيارية بين الأكسجين وثاني أكسيد الكربون، ويصلح ذلك لبعض أصناف الفاكهة والخضر. يوجد كثير من الأمل في نجاح تغطية الفاكهة بدلاً من تخزينها في الجو المعدل مرتفع التكاليف، رغم أن وظائف الغطاء تتأثر بتغير درجات الحرارة ويكون محدود التأثير في فترات التخزين المتقدم عند البيع بالتجزئة.

3- خواص حجز المواد الذائبة Solute - barrier properties :

استخدمت أغشية مركبة مثل زاينين الذرة مع الجليسرول كملون، للمحافظة على تركيز حمض السوربيك على سطح الجبن متوسط الرطوبة، لتأخير إنتشار المادة الحافظة داخل كتلة الجبن، حيث يقل إنتشار حمض السوربيك داخل زاينين الذرة بمقدار 150 - 300 مرة عنه داخل الجبن. وتم التأكد من زيادة مقاومة السطح لنمو *Staphylococcus aureus* في الجبن المغلف بأغشية زاينين الذرة.

خامساً : المواد المضافة للأغشية Film additives :

تضاف كثير من المواد إلى الأغشية القابلة للأكل لتؤثر على خواصها الميكانيكية والوقائية والحسية و/أو التغذوية، كمثال الملدنات (أو العوامل الملدنة) plasticizing agents مثل الكحولات عديدة الايدروكسيل polyols مثل الجليسرول، السوربيتول، المانيتول، السكروز، جليكول البروبيلين، وجليكول عديد الاثيلين. هذه الملدنات تعمل على إضعاف قوى الارتباط الداخلية بين سلاسل البوليمرات بما يؤدي إلى إنخفاض قوة الشد TS وزيادة مرونة

هذه الأغشية. كما تضاف مواد فعالة سطحياً مثل عوامل التبليل wetting agents وعوامل الاستحلاب لتخفيض الصفات الحاجزة للأغشية. كما يضاف للأغشية والأغشية القابلة للأكل مواد مضادة للميكروبات لمنع النمو الميكروبي على السطوح، مواد مضادة للأكسدة، ومواد مشجعة أو مظهرة enhancers للنكهة أو اللون (الصبغات) وغيرها

يعتمد تأثير المواد المضافة في خواص الأغشية على كل من تركيزها، درجة توزيعها في الغشاء، تركيبها الكيماوى، وتفاعلها مع مادة الغشاء. يحتاج هذا الموضوع إلى إجراء المزيد من الدراسات لفهم تأثير تركيب الغروى المحب للماء وخواصه الكيماوية، وكذلك حالة تبلور اللبيدات وتقنية تكوين الأغشية وتأثير ذلك على نفاذية، تحمل، مرونة، وتماسك هذه الأغشية لى يمكن تفصيل tailoring الصفات الوظيفية للغشاء القابل للأكل لتناسب مختلف الأغراض المرغوب استخدامه فيها.

23 - 3 التفاعل بين الغذاء والعبوة Food and package interaction :

(الهجرة والهجرة المضادة Migration and Immigration)

تطلق كلمة الهجرة migration على تلوث المواد الغذائية المعبأة بمكونات ذائبة أو طيارة من مواد العبوة. وبصفة أساسية فإن هذه الظاهرة تنتج من عملية الانتشار diffusion أو بالتفاعل بين مواد العبوة والنتائج المعبأ. وهذا الانتقال قد يكون مرغوباً فى بعض الأحيان كما فى تعتيق النبيذ، ولكنه - على وجه العموم - يكون غير مطلوب وضاراً. يوجد عدد كبير من المواد التى يمكنها أن تهاجر وتسمى بالمهاجرات migrants ، وتقسّم إلى ثلاثة أقسام رئيسية كما يلى :

أولاً: مكونات أساسية لمواد العبوات، التى تتواجد كمكونات أو تنتج من تحطّمها وتكون ذائبة، كمثال لها أحاديّات الجزيئات (مونوميرات) monomers .

ثانياً: المواد المضافة المستخدمة فى تصنيع خامات العبوات، مثل الملدنات plasticizers، العوامل المساعدة catalyzers، البادئات initiators، عوامل الاستحلاب emulsifiers، الغرويات الواقية protective colloids، المثبتات stabilizers، مضادات الأكسدة antioxidants، مثبتات الأشعة فوق البنفسجية UV-stabilizers، العوامل

المضادة الاستاتيكية antistatic ، المشحومات lubricants الداخلية، والملمعات البصرية optical brighteners .

ثالثاً: ملوثات من خامات التعبئة نتيجة التصنيع وتأثير البيئة أو مواد مضافة مثل أحبار الطباعة.

عادة فإن كمية المواد المهاجرة تكون صغيرة جداً ونادراً ما تتعدى 10 مليجرام لكل ديسيمتر مربع . ويجب الإهتمام بذلك لكل المواد التي تلامس الغذاء وهي:

- 1- خامات اللدائن .
- 2- الزجاج والخزف الزجاجي glass ceramies .
- 3- الخزف والورنيش enamel المغطى للمعادن .
- 4- الورق والكرتون أو الورق المقوى cardboard .
- 5- أغشية السليلوز المجددة (معادة التصنيع) regenerated .
- 6- المعادن .
- 7- مواد أخرى كالمطاط، الفلين، الخشب، الجلد، الأسمدة المسلح ... إلخ .

أما الهجرة المضادة immigration فيقصد بها مرور المواد الغذائية أو مكوناتها إلى العبوة، وهي ظاهرة هامة للغاية وتؤدي إلى صعوبة قياسات الهجرة وزنياً، ويمكن أن تسبب تغيرات غير مرغوبة في مواد التعبئة خاصة عند إعادة استخدام العبوة (إذا تلوثت بمركبات الذكوة من المادة الغذائية) . يمثل دهن الأغذية ومنتجاتها مركباً حرجاً خاصة في حالته الحرة لميله الشديد لعدد الأليفينات (PE، PP ... إلخ) .

تقسم الهجرة أحياناً إلى قسمين، هما الهجرة النوعية والهجرة الكلية كما يلي :

أ- الهجرة النوعية Specific migration :

هي الهجرة التي ترتبط بنوعية مكونات محددة معروفة .

ب- الهجرة الكلية Global (overall) migration :

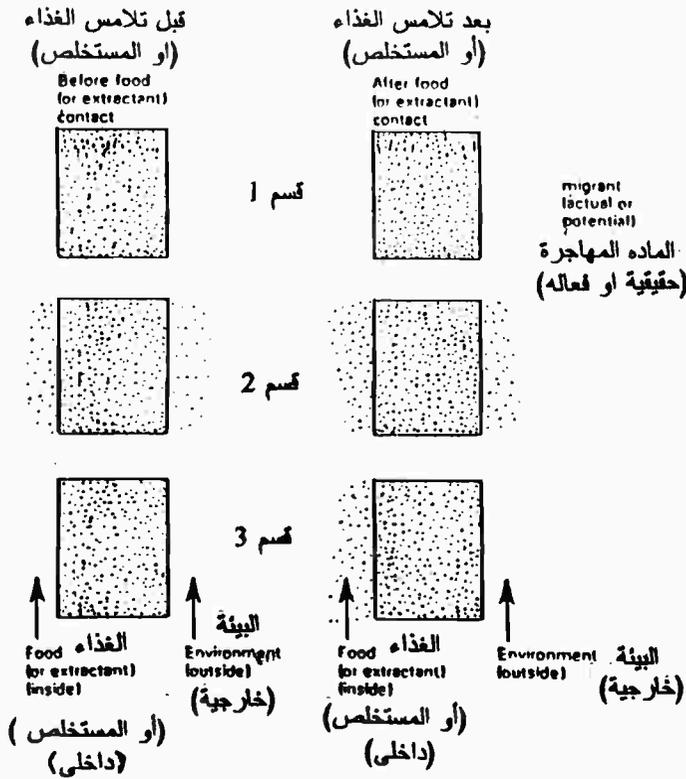
تمثل مجموع كل المهاجرات migrants سواء كانت سامة أو غير سامة أو تحدث ضرراً

فسيولوجياً لكل وحدة مساحة من مادة العبوة تحت ظروف محددة. وضعت حدود قانونية للهجرة الكلية من اللدائن إلى المواد الغذائية في بعض الدول المتقدمة كسويسرا، الولايات المتحدة الأمريكية، فرنسا، هولندا، بلجيكا، وإيطاليا بهدف منع حدوث التلوث أو وجود مواد سامة في الناتج الغذائي، وكذلك خفض وتحديد عدد تقديرات الهجرة النوعية لبعض هذه المواد.

كمية المهاجرات من اللدائن تكون عادة أعلى في الأغذية المرتفعة في محتوى الدهون عن الأغذية المرتفعة في المحتوى المائي نتيجة الذائبية المرتفعة للمركبات العضوية المهاجرة في الدهون بالمقارنة بالماء. نظراً لتعدد تركيب معظم الأغذية، تظهر مشاكل عديدة أثناء تقدير الهجرة ولذلك تستخدم مذيبيات محاكية (مماثلة) للغذاء food simulant solvents والتي يفترض أنها تقوم بنفس دور الأغذية تحت ظروف قياسية حقيقية لدراسة سلوك المهاجرات. فمثلاً القانون الأوروبي EEC / 572 / 85 أقترح بعض المواد المحاكية simulants: ماء مقطر أو ماء بنفس درجة جودته، 3% حمض خليك (وزن / حجم - ماء)، 15% كحول إيثانول (حجم / حجم - ماء)، زيت زيتون أو يستخدم زيت بذور عباد الشمس بدلاً منه، وكذلك يمكن استخدام الجليسيريدات الثلاثية (من النوع HB 307).

يمكن تقسيم ميكانيكية الهجرة إلى ثلاثة أقسام، كما يلي:

- 1- نظام اللاهجرة non - migrating system: في وجود أو غياب الغذاء.
 - 2- الهجرة المستقلة independently migration: هي الهجرة التي لا يتحكم فيها الغذاء، بالرغم من أن وجوده قد يسرع من الهجرة.
 - 3- الرشح أو الارتشاح leaching: هي الهجرة التي يتم التحكم فيها بواسطة الغذاء وتكون نادرة في غياب الغذاء ولكنها تكون فعالة في وجوده.
- يوضح شكل رقم 23-7 أقسام ميكانيكية الهجرة، رغم أنه في الظروف العملية يوجد الكثير من التعقيدات والإختلافات.



شكل رقم 23-7 الأقسام الأساسية الثلاثة لميكانيكية الهجرة

المصدر : Katan (1989).

23 - 3 - 1 دلالة الهجرة : The significance of migration

في قطاع الأغذية ، ينظر للهجرة من ثلاث نواحي :

أولاً: السمية Toxicology :

فكما أنه من المستحيل منع الهجرة كلياً، فيجب التأكد من أن مرور المواد التي لا يمكن تجنبها unavoidable من العبوات إلى المواد الغذائية غير ضار innocuous . يعتمد تقدير مواد التعبئة غير المثيرة للاعتراض unobjectionable على افتراض أن كل واحد كيلو جرام من الغذاء يلامس 10 ديسيمتر مربع من مواد التعبئة . تبنى حسابات النموذج على أساس

استهلاك كيلو جرام واحد من الغذاء أو 200 جرام دهون . ويجب أن تكون المواد المحللة معروفة وأن تخضع لاختبارات سمية الحيوان . ولا تتوفر هذه الظروف دائماً، خاصة إذا كانت المادة التي يتم تحليلها ناتجة من التحطيم أو التحلل .

ثانياً: الاعتبارات الصحية Hygienic aspects :

على الرغم من أن التلوث قد يحدث ببعض العوامل الغريبة foreign agents الغير ضارة بصحة الإنسان، فإنه يجب خفضه إلى أقل حد ممكن inevitable minimum .

ثالثاً : العوامل المؤثرة على النكهة Flavour :

يجب عدم إنتقال أى مادة تؤثر على مذاق أو رائحة المادة الغذائية . وعادة تكون هجرة الأوليغوميرات oligomers ضئيلة من لدائن عديدة الاستر PET بينما يهاجر مونومير ستيرين styrene من لدائن عديدة الستيرين PS ويكون له تأثير سام على الكبد ومثبط على الجهاز العصبي المركزي بالإضافة إلى أنه يظهر رائحة ومذاق مميز في الأغذية الملوثة به . ويختلف الحد الأدنى threshold المتوقع للمركبات المؤثرة على النكهة بشدة حيث تعتمد على تركيب المادة الغذائية وخاصة محتواها من الدهن (جدول رقم 9-23) .

جدول رقم 9-23 : الحد الأدنى الممكن إكتشافه (تذوقه) لمونومير ستيرول styrol في مواد غذائية مختلفة في محتوى الدهن

المادة الغذائية	محتوى الدهن (%)	الحد الأدنى الممكن إكتشافه Preciption threshold (مجم ستيرول / لتر)
شاي (بروكن - يافا)	0	0.2
عصير ليمون أصاليا	0	0.2
لبن فرز	0	0.3
يوغورت لبن كامل	1.5	0.5
لبن كامل	3.8	1.2
لبن مكثف	10	2.6
كريمة	33	6.0

23 - 3 - 2 خواص وتركيب مواد التعبئة كعوامل مؤثرة على الهجرة:

تعتمد إمكانية الهجرة على نوع وكمية المركبات المهاجرة الموجودة في مادة العبوة في الطبقة الملامسة للغذاء. المكونات الأساسية لمعظم مواد العبوات تكون غير ذاتية بدرجة كبيرة. ولا تسبب البوليمرات النقية للدائن أى مشاكل إذا استخدمت كما هي في تعبئة الأغذية، ويتم التأكد من ثباتها عن طريق تثبيت *fixing* درجة البلعمة.

في صناعة اللدائن، تضاف مساعدات تصنيع *process aids* ذات وزن جزيلى منخفض للحصول على الخصائص الفيزيائية والكيميائية المرغوبة، ويتوقف سلوك الهجرة على خواص هذه المواد المضافة. ويتم إضافة هذه المواد بنسب صغيرة لا تتعدى 3%، وقائمة هذه المواد طويلة ومعقدة حتى للصانع نفسه، بينما تضاف الملدنات بكميات أكبر والتي أمكن تحديد تركيزاتها ونوعيتها في كثير من الأغشية والأغذية وتأثير الظروف المختلفة عليها.

ففي أغشية وأغطية السليلوز المجدد - المغطى بالنيتروسيلولوز- (RCF) nitrocellulose و *coated regenerated cellulose* وجدت الملدنات: ثنائى بيوتايلى فثالات dibutyl phthalate (DBP)، ثنائى سيكلوهكسيل فثالات. *dicyclohexyl phthalate* (DCHP)، بيوتايلى بنزىل فثالات *butylbenzyl phthalate* (BBP)، وثنائى فينيل 2 - إيثايل هكسيل فوسفات *diphenyl (DPOP) 2-ethylhexyl phosphate*. فى أغشية خلات السليلوز وجدت ملدنات ثنائى بيوتايلى فثالات (DBP) وثنائى إيثايل فثالات *diethyl (DEP)* phthalate. فى PVdc وجد أسيتايل ثلاثى بيوتايلى سترات *acetyl tributyl (ATBC)* citrate، أما الأغشية الرقيقة من PVC فإنها تحتوى على تركيز 59% ملدنات فقط بالمقارنة بالأغشية التقليدية (على أساس وزن لكل وحدة مساحة) وتكون هجرة ثنائى إيثايل هكسيل أديبات *diethyl hexyl adipate (DEHA)* بمقدار يتراوح بين 41-53% فى الأغذية المختبرة. وتقل هجرة ملدنات البوليمر من الأغشية التى تحتوى بمقدار يتراوح بين 3-21 مرة عن تركيز DEHA المهاجرة من الأغشية التقليدية. أما الأغشية المحتوية على مخلوط كل من DEHA وملدن البوليمر فينخفض تركيز هجرة كل منهما إلى النصف تقريباً بالمقارنة بالأغشية المحتوية على ملدن واحد فقط.

وجدت بعض الملدنات بتركيزات محسوسة فى بعض الأغذية المختبرة، فوجد الملدن ATBC فى الجبن بتركيز يتراوح بين 2 إلى 8 مجم / كجم. والملدن DBS فى الجبن المطبوخ واللحوم المطهية بتركيزات تتراوح بين 76 إلى 137 مجم / كجم. كما تتواجد DBP، DCHP، BBP، و DPOP معا أو كل على حدة فى الحلوى، فطائر اللحوم، الكيك، والسندويشات بكمية كلية تتراوح بين 0.5 إلى 53 مجم / كجم.

تهاجر مستويات كلية من عديد أيزوبوتلين PIB polyisobutylene من غشاء PE/PIB: إلى الجبن بتركيزات تتراوح بين 8 إلى 10 مجم / كجم، فى الكيك بتركيزات تتراوح بين 1 إلى 5 مجم / كجم، وفى السندويشات بتركيزات تتراوح بين 1 إلى 4 مجم / كجم. وتؤدى إعادة تسخين الأغذية المغلفة فى أغشية فى أفران موجات الراديو متناهية القصر (الميكروويف microwave) إلى مستوى هجرة بين أقل من 0.01 إلى أعلى من 0.5 مجم / كجم، وعند إعادة تسخين البيتزا reheated pizza المغلفة يكون مستوى الهجرة 4 مجم / كجم. تتجه هجرة الأجزاء ذات الوزن الجزيئى المنخفض - من عديد الأيزوبوتلين PIB - بين 300 إلى 6000 دالتون بمتوسط 1300 دالتون، بينما المهاجر منه فى الجبن يتراوح بين 130 إلى 2200 دالتون بمتوسط 520 دالتون .

أوضحت دراسات الفقد loss للمركبين الأم parent، عديد بيوتلين أديبات (PBA) polybutylene adipate وعديد برويلين أديبات polypropylene adipate (PPA) حدوث تحلل مائى جزئى تحت ظروف مماثلة للهضم فى المعدة، ويكون الناتج المتوقع أوليجومير منخفض الوزن الجزيئى. أوضح التحليل لإحدى مواد البداية، وهو حمض أديتيك adiptic acid، أن التحليل المائى تحت الظروف السابقة لا ينتج عنه تحول يذكر إلى مونومير حر. يفسر ذلك أن التحليل المائى الجزئى إلى وحدات أوليجومير يودى إلى زيادة مقاومة روابطها الاسترية للتحليل الكامل إلى المونومير.

أما المواد المضافة فى كل من عديد الستيرين PS وعديد البيوتلين PB والتي يمكنها أن تهاجر إلى نواتج اللين المتخمرة فتشمل العوامل المضادة للتكتل antiblock agents، مضادات الأكسدة، العوامل المضادة الاستاتيكية، المشحومات، المثبتات، المركبات الحاجزة للضوء light - barrier، الملونات، وعوامل التقوية strengthening agents. من العوامل

المؤثرة على هجرة هذه المكونات، درجة حرارة تعبئة الناتج الغذائي، محتواه الرطوبي والدهني، ورقم الأس الأيدروجيني.

عزلت المواد التي يمكن هجرتها من موانع التسرب gaskets لصمامات الايروسولات التجارية، ويظهر أن عدداً كبيراً من هذه المواد يتضمن مساعدات تصنيع أو تعتيق curing aids كالمنشطات ومضادات الأكسدة. كما عزلت عدة نواتج تفاعل تحتوي على الكبريت ومركبات عطرية عديدة الأنوية polynuclear aromatic (PNAC) compounds مثل الفينانثرين phenanthrene، فلورا نثرين fluoranthrene، والبيرين pyrene. كما درس تأثير وجود باثق فريوني freon propellant على كل من تخزين موانع التسرب gaskets عند درجة حرارة الغرفة لمدة طويلة من الزمن والاستخلاص الكمي للمهاجرات migrants.

وقد تأكد امتصاص عديد البروبيلين غير المصقول (NC - PP) noncalendered PP وديد الاستر غير المصقول (NC - PET) noncalendered polyester لمزيد من الزيت بالمقارنة بالأغشية المماثلة المصقولة calendered materials، حيث يمتص 635 NC-PP % زيتا (من وزن الأغشية) بالمقارنة بنسبة 366 % زيتا في PP المصقول. ويرجع ذلك إلى صغر أنصاف أقطار الألياف وزيادة سمكها مما يؤدي إلى زيادة مساحة السطح وكبر الفراغ الداخلي بين الألياف في مادة NC - PP.

وقد أحتوت أدوات الطبخ المصنعة من عديد الاستر PET المقاوم حرارياً على 84.7-0.3 مجم بنزين / كجم. ووجدت كميات قليلة من البنزين (أقل من 0.01 - 0.09 مجم / كجم) في الأغذية التي تستخدم هذه الأدوات للطبخ في أفران الميكروويف أو الأفران التقليدية. كما وجد 0.1 مجم بنزين / كجم في مواد التعبئة القطاعي مثل PS و PVC التي تستخدم بيوتاييل بيرينزوات الثالثي t-butyl perbenzoate كعامل مساعد، كما وجدت تركيزات بنزين مرتفعة تتراوح بين 0.2 - 1.7 مجم / كجم في عديد الستيرين المسحوب expanded PS.

يستخدم زيت فول الصويا المؤكسد expoxidised (ESBO) soya bean oil كمعدن ومثبت حراري heat stabilizer في عدد من المواد التي تلامس الأغذية، خاصة في PVC وموانع تسرب الغاز gaskets. وقد أمكن الكشف عن وجود ESBO بتركيزات منخفضة (من

1 إلى 4 مجم / كجم) فى اللحوم الطازجة الملفوفة فى أغشية PVC، وبتراكيزات عالية (22 مجم / كجم) فى اللحوم المطبوخة . وتتراوح كمية ESBO المهاجرة فى السندويشات والأرغفة المباعة فى PVC من منافذ الوجبات السريعة (تيك أواي) بين 1 إلى 27 مجم / كجم، حسب نوع الغذاء المالى وطول زمن التلامس. ويؤدى التلامس مع الأسطح المعدنية (الجبين والكيك) إلى مستويات أعلى من ESBO المهاجرة. وقد أدى استخدام أغشية PVC شديدة التلامس بالغذاء، للطبخ فى أفران الميكروويف إلى هجرة ESBO بتراكيزات مرتفعة تتراوح بين 5 إلى 85 مجم / كجم، بينما لو استخدمت أغشية PVC فى تغطية الأطباق المسخنة فإن تركيزها ينخفض إلى مدى يتراوح بين 0.1 إلى 16 مجم / كجم. وفى كثير من أغذية الأطفال فلا يوجد فرق معنوى بين التعبئة فى برطمانات زجاج مزودة بموانع تصرب الغاز مصنوعة من PVC وبين التعبئة فى علب مورنشة بورنيش يحتوى ESBO، فتهاجر بمستويات منخفضة فى الحالتين تتراوح بين أقل من 0.1 إلى 7.6 مجم / كجم (بمتوسط 1.9 مجم / كجم)، ولم يتضح ما إذا كانت هذه التراكيزات المقدره ناتجة من الهجرة كلياً أو ناتجة جزئياً من الإيبوكسيدات الموجودة طبيعياً.

حديثاً يستخدم فيتامين E كمضاد أكسدة أولى لتحسين خواص البوليمرات المختلفة حيث وجد أنه أكثر فاعلية بمقدار 250 مرة عن مضادات الأكسدة القياسية مثل الهيدروكسي توليون البيوتيلي BHT Butylated hydroxy toluene لإزالة وكس scavenging الأصول الحرة، ويتميز أيضاً بزيادة قابلية البوليمرات للتصنيع processability، ولونه الجيد، وبهائه الحرارى. كما أن لاستخدامه فوائد تتمثل فى تقليل المذاق والرائحة نتيجة استخدام العبوات، وفى خفض تكوين الجل أو ضعف التركيب فى أغشية التعبئة. ويعتبر فيتامين E سلاحاً فعالاً لمنع تحطيم خامات البوليمرات وحماية الأغذية الموجودة فى العبوات البوليمرية.

وقد أوضحت اختبارات التقشير peel tests أن الطبقة اللاصقة بين طبقتى PE / رقائق ألومنيوم Al foil تنفصل كلياً بعد نقعها فى محلول 3% حمض خليك لمدة 4 أيام، ولكنها بعد 3 أيام إضافية تبدأ فى استعادة لاصقتها، وبعد 14 يوم تستعيد 50% من قيمتها الأولية. كما أوضحت الاختبارات تكون طبقة ملحبة على الوجه بين السطحى interface بين عديد الايثيلين PE والألومنيوم وكذلك وجود طبقة متأكسدة سميكة على رقيقة الألومنيوم وأثر من

الألومنيوم على غشاء PE .

يعيب الألومنيوم أنه عامل سمي عصبى neurotoxic وينتقل من عدة مصادر أساسية كماء الشرب، بقاياها فى الأغذية، أدوات الطبخ، وعبوات الأغذية . وحديثاً وضحت علاقة وثيقة بينه وبين مرض التوهان العصبى (الزهايمر) Alzheimer's ورجح أنه يؤثر من خلال نشاط أنزيم أستيايل كولين استيراز Acetyl choline esterase .

توجد عدة عوامل تؤثر على هجرة مكونات العبوة إلى الغذاء وهى:

أولاً : سطح التلامس Surface of contact :

تناسب كمية المواد المهاجرة مع مساحة سطح العبوة، ويزداد تلوث الناتج بالمواد المهاجرة بإنخفاض حجم العبوة .

ثانياً: الفراغ القمى Head space :

بعض مكونات مواد التعبئة تهاجر فى العبوات غير السائلة عبر الفراغ القمى للعبوة ولا تعتمد هذه الهجرة على ملامسة السطوح وتكون محدودة وتتوقف على درجة الحرارة والزمن .

ثالثاً: زمن التلامس Time of contact :

تختلف عمليات الانتشار diffusion للمواد منخفضة الوزن الجزيئ الذائبة مع الزمن عند ثبات درجة الحرارة، وينطبق هذا أيضاً على التفاعلات بين مواد التعبئة والناتج المعبأة . وتمر المكونات الذائبة المتجمعة على سطح التلامس بسرعة وتدخل غالباً للداخل .

رابعاً: درجة الحرارة Temperature :

يؤدى ارتفاع درجة الحرارة إلى إسراع الهجرة ولا تعتمد على قوانين الانتشار ويصعب توقعها بالاختبارات المعملية، حيث تتغير درجة الحرارة التى يتعرض لها الناتج فى الاستعمال اليومي والتي تؤثر على عبوات الأغذية . وكمثال التخزين بالتجميد العميق، التعقيم فى العبوات، الملاء الساخن hot filling ، التسخين الابتدائى، وإعادة التسخين فى العبوة .

خامساً : تأثير الضوء Influence of light :

يمكن أن يسرع الضوء المعرض عمليات الهجرة وكمثال هجرة الكاديوم cadmium .

سادساً : الإشعاع Irradiation :

لم يدرس تأثير أشعة جاما المستخدمة لتعقيم المواد الغذائية ومواد التعبئة جيداً من حيث تأثيرها على عملية الهجرة . ولم تتضح بعد لأي درجة تتأثر الهجرة بالمعاملة بموجات الراديو متناهية الصغر (الميكروويف) . ويحدث هجرة للبنزوفينون benzophenone من حبر الطباعة على الورق أو الكرتون أثناء تسخين الوجبات سابقة الطبخ بالميكروويف . وقد تم تقدير هجرة ATBC في مواد غذائية متنوعة أثناء الاستخدام المعتاد كغشاء ملون مزدوج من PVC / PVdC / فوجد أنه في أدناه ، 0.4 مجم / كجم في الحساء المسخن في الميكروويف مع أقل تلامس ممكن مع الأغشية ويرتفع إلى 79.8 مجم / كجم في الأغشية حميمة التلامس أثناء طبخ البسكويت بالميكروويف . تتجه البحوث حالياً إلى تحديد المكونات غير العضوية في الورق والكرتون والأغشية الملامسة للغذاء وكذلك المواد العضوية الطيارة والمذيبات القابلة لإستخلاص المكونات العضوية والتي يجب أن تتضمنها قوانين مراقبة الأغذية في المستقبل . كما يجب توجيه الإهتمام لدراسات المواد المهاجرة أثناء استخدام الميكروويف في مصر .

من الجدير بالذكر أن نتائج تحليل الهجرة المرتبطة باستخدام البوليمرات المعاد تدويرها recycled polymers وخاصة عالية التلوث توضح عدم إمكانية استخدامها كعبوات للأغذية ، وحتى لو أمكن مراقبة مصادرها لتقليل التلوث فلا يمنع ذلك من تسرب بعضها إلى خلطة إنتاج الراتنجات المعاد تدويرها . ولذلك فإن استخدام عبوات متعددة الطبقات (مصفحة) هو السبيل لمواجهة استخدام البوليمرات معادة التدوير في عبوات الأغذية حتى تعطى وقاية إضافية من الملوثات الممكنة . ورغم أن استخدام عبوات مركبة مصنعة من بوليمرات معاد تدويرها كطبقة غير ملامسة للغذاء تكون آمنة ، فإن استخدام هذه العبوات يجب أن يعتمد على توافر معلومات كاملة عن الهجرة .

23 - 3 - 3 تأثير مواد التعبئة على الرائحة والمذاق واللون :

يعتبر القائم بعملية التعبئة مسئولاً عن التأكد من مناسبة مواد التعبئة والتغليف لحفظ

الجودة العضوية الحسية للنتائج المعبأ لحين استهلاكه ويتم ذلك باختبارات تخزين حقيقية تراعى العرض والاستخدام، حيث يحدث ارتشاح leaching للون عند استخدام بعض مواد التعبئة الملونة. كما توجد مشكلة الرائحة فى مواد التعبئة التى تعتمد على قاعدة من PVC. ويكون استخدام زجاجات عديد الاستر المشدود stretched polyester بالنفخ محدوداً عند الملء والتخزين عند درجات حرارة أعلى من 60° مئوية. ويمتص عديد البروبيلين PP معظم الروائح العطرية (الشذا) aromas بمقدار الضعف بالمقارنة بما يمتصه عديد الأמיד / عديد الاثيلين منخفض الكثافة LDPE / polyamide، بينما يمتص عديد الاستر PET مقداراً صغيراً من هذه الروائح العطرية. ومن ناحية أخرى فإن الاسترات والالدهيدات تمتص بدرجة أكبر عن الكحولات. كما تمتص الجزيئات ذات الحجم الجزيئ الأكبر بدرجة أعلى بالمقارنة بالجزيئات الأصغر. يصل توازن الإمتصاص فى معظم المواد فى خلال سبعة أيام. وتبين أن هناك 14 مركباً نشطاً من حيث الرائحة، موجودة بتركيزات ضئيلة يصعب قياسها بالأجهزة، ورائحتها العامة مشابهة للشمع waxlike، ولكن لكل مكون مفرد رائحة خاصة به مثل: الفاكهة fruity، العشب herbaceous، زنج، معدنى، شمعى، نفاذ pungent، أوحاد organe. وقد تم التعرف على 8 من هذه المركبات، كلها عبارة عن أدهيدات وكيتونات C₆ - C₉ مشبعة وغير مشبعة. وتنتج حوالى 46% من رائحة عديد الاثيلين PE المؤكسد من المركبات التالية: hexanal، 1-hepten - 3 - one، 1 octen - 3 - one، octanal، 1- nonen - 3 - one، diacetyl، t - 2 - nonenal، وأدهيدات وكيتونات - ألفا - غير المشبعة وهى المسئولة عن تغير الرائحة المرتبط بعديد الاثيلين المؤكسد حرارياً.

23 - 3 - 4 خواص وتركيب الأغذية كعوامل مؤثرة على الهجرة:

تلعب المواد الغذائية المعبأة دوراً هاماً فى عملية الهجرة نتيجة لخواصها الإمتصاصية والإذابة، وتقسم بناءً على فعلها الوظيفى إلى مواد غذائية مائية، دهنية، وجافة. وفى الأغذية المائية فإن قيم الأس الايدروجينى ومحتواها الكحولى تلعب دوراً إضافياً هاماً فى عملية الهجرة. نظراً للتركيب المعقد للأغذية والمنتجات الغذائية فيمكن افتراض أن مقدرتها على الإذابة ترجع إلى احتوائها على مجاميع محبة للماء وعلى المجاميع الكارهة للماء.

وتزداد الهجرة بانخفاض اللزوجة من الأغذية الجافة، العجائن ثم السوائل.

وقد درس تأثير استخدام عديد فينيل أستيات (PVA) polyvinyl acetate كمادة تعبئة على بعض مكونات الأغذية مثل : حمض الاسكوربيك، النياسين، الفيناييل آلانين، والكافيين. واستنتج إمكانية هجرة هذه المكونات إلى البولييمر، ورغم ذلك وجد أن هذه المادة (PVA) مناسبة كمادة لتعبئة الأغذية، وذلك من تقدير قيم معاملات النشاط لهذه المكونات. كما وجد أن حمض كلوروجينيك chlorogenic acid - المسئول عن ثبات النكهة - في الجزر المجزأ shereded يلتقل بسرعة ويتجمع في الغلاف المصنوع من عديد البروبيلين الموجه (OPP). وفي صوص التفاح apple sauce ارتفع تركيز الهيدروكسي ميثايل فورفيورال hydroxymethyl furfural بارتفاع درجة حرارة التخزين، وتفاوت مقدار الزيادة على حسب نوع مادة التعبئة. وقد زادت تفاعلات الدكارة وزاد فقد حمض الاسكوربيك في عصائر البرتقال والجريب فروت المعبأة في كرتون مبطن بعديد الاثيلين PE بالمقارنة بالمعبأة في برطمانات زجاجية، كما إنخفض تركيز الليمونين d-limonene بمقدار 25% في الكراتين المخزنة لمدة 14 يوم.

23 - 4 التعبئة في جو معدل (MAP) Modified atmosphere packaging :

كثير من الأغذية القابلة للتلف كاللحوم، الأسماك، الدواجن، البيض، المخبوزات، الفاكهة، والخضر محدودة العمر التخزيني في وجود الأكسجين الجوى، ويرجع ذلك للتأثير الكيماوى للأكسجين الجوى ونمو ميكروبات الفساد الهوائية وإصابتها بالحشرات. هذه العوامل منفردة أو مجتمعة معاً تؤدي إلى تغيرات في لون ونكهة ورائحة الغذاء وتدهور جودته الكلية. ويلجأ مصنعو الأغذية لإيقاف أو إبطاء هذه التغيرات إلى طرق الحفظ الفيزيائية والكيماوية المختلفة. ونظراً لارتفاع تكاليف الطاقة المرتبطة بالتجميد والتجفيف ونمو وعى المستهلك تجاه المواد الحافظة مما دفع مصنعى الأغذية إلى طرق بديلة منها التعبئة في جو معدل كتقليد للحفظ استخدمت بكثرة لإطالة العمر التخزيني في انجلترا، فرنسا، ألمانيا، باقى دول الإتحاد الأوروبى، وجرى قبولها الآن فى الولايات المتحدة الأمريكية وكندا وفى نطاق صغير فى مصر.

يتركب الهواء العادى من 0.03% ثانى أكسيد الكربون، و21% أكسجين، وباقى النسبة نتروجين، ويعدل تركيب هذا الجو داخل العبوة (ومن هنا جاءت التسمية) عن طريق رفع محتوى الفراغ القمى من ثانى أكسيد الكربون وخفض محتواه من الأكسجين (وأيضاً من النتروجين) وذلك بهدف إطالة العمر التخزينى دون استخدام المعاملات الكيماوية أو الفيزيقية . وقد بدأ استخدام الجو المعدل فى القرن التاسع عشر عندما عرف أن رفع ثانى أكسيد الكربون وخفض الأكسجين يؤخر التفاعلات الميتابوليزمية فى الأغذية التى تتنفس ويؤخر نمو ميكروبات الفساد الهوائية. وفيما بين عامى 1920 و 1930 أجريت دراسات كثيرة لاستخدام الجو المعدل لإطالة العمر التخزينى للفاكهة والخضر والأسماك واللحوم. وفى عام 1938 بلغت نسبة اللحم البقرى المبرد فى جو يزداد فيه ثانى أكسيد الكربون الذى يشحن من كل من استراليا ونيوزيلندا نحو 26% و 60% على الترتيب، وأمتد تطبيق التخزين فى جو متحكم فيه (CAS) controlled atmosphere storage إلى التفاح ليحفظ طازجاً لمدة تزيد عن سبعة شهور باستخدام مخلوط صحيح من الغازات مع ضبط درجة الحرارة والرطوبة. وحديثاً توزع الأغذية فى وحدات تعبئة قطاعى معبأة فى جو معدل (MA) modified atmosphere .

تعرف التعبئة فى جو معدل (MAP) modified atmosphere packaging بأنها تغليف المنتجات الغذائية فى مواد تعبئة حاجزة للغازات حيث تتغير البيئة الغازية لإبطاء معدل التنفس وخفض النمو الميكروبي وتأخير الفساد الإنزيمى مع إطالة عمرها التخزينى. واقترح عام 1989 استخدام مصطلح التعبئة الفعالة (أو النشطة) active packaging كتطور تقنى للتعبئة الذكية intelligent packaging وللتعبئة فى ظروف جوية معدلة (MAP) . وتعتبر التعبئة فعالة إذا أضافت مميزات أخرى للغذاء بجانب عملها الرئيسى كحاجز للظروف الخارجية. أى أن التعبئة الفعالة هى التفاعلات الإيجابية بين العبوة والغذاء للمحافظة على جودة وسلامة الغذاء وسلامة البيئة وذلك عن طريق التحكم فى الظروف الجوية داخل العبوة مثل إزالة الأكسجين والرطوبة والاثيلين والتحكم فى ثانى أكسيد الكربون بطرق حديثة آمنة بجانب استخدام الإنزيمات والعوامل المضادة للنمو البكتيرى.

23 - 4 - 1 مميزات وعيوب التعبئة في جو معدل:

إن الفائدة الرئيسية التي ترتبط بالمنتجات الغذائية المعبأة في جو معدل برفع تركيز ثاني أكسيد الكربون هي إطالة العمر التخزيني لهذه المنتجات وما يرتبط بها من زيادة تسويقها، كذلك تحسين عرض وتقديم المنتج، زيادة رغبة وإقبال المستهلك، خفض تكاليف الطاقة المرتبطة بالتجميد، وتكلفة تخزين المجمدات. أما عيوب هذه التقنية فهي: (أ) ارتفاع تكاليف أجهزة التعبئة، (ب) مشاكل التخمر التي تسببها الميكروبات المقاومة لغاز ثاني أكسيد الكربون، (ج) إنتاج بعض أصناف الروائح الحامضية نتيجة ذوبان ثاني أكسيد الكربون في بعض المنتجات مثل الأسماك، (د) انخفاض سعة ارتباط الماء وزيادة فاقد سائل التفكيك drip نتيجة تغير رقم الأس الأيدروجيني في الأغذية العضائية، (هـ) مشاكل بسيطة نتيجة التغير في لون discoloration اللحم، (و) انهيار أو انبعاج collapse العبوة في المنتجات التي تستخدم معها تركيزات مرتفعة من ثاني أكسيد الكربون (100%)، يتم التغلب على ذلك بخفض تركيز ثاني أكسيد الكربون وإحلاله بغاز النيتروجين أو باستخدام أغشية لها قدرة حاجزية (عدم نفاذية) أعلى قليلاً من الأغشية التي يحدث لها انبعاج.

23 - 4 - 2 طرق تعديل الجو داخل العبوة:

تقسم هذه الطرق إلى نوعين:

أولاً: التعديل السلبي أو المتولد بواسطة السلعة:

Passive or Incommodity - generated modification

حيث يعبأ الناتج في غشاء يتميز بنفاذية غاز صحيحة ويعدل الجو داخل العبوة نتيجة استهلاك الأكسجين وتولد ثاني أكسيد الكربون من تنفس الناتج المعبأ. وتستخدم هذه الطرق في تعبئة الفاكهة والخضر حيث يعتمد الاحتفاظ بالمخلوط الصحيح للغاز داخل الناتج المعبأ على نفاذية الغشاء بحيث تسمح بمرور الأكسجين إلى العبوة بمعدل يماثل استهلاكه بواسطة الناتج ويسمح بتسرب ثاني أكسيد الكربون بحيث يتوازن مع CO_2 المتكون بواسطة الناتج، حيث يؤدي الإخفاق في الوصول لهذا التوازن الغازي إلى نقص الأكسجين وتراكم CO_2 مسبباً فساد الناتج.

ثانياً : التعديل الفعال (النشط) : Active modification :

تتم بعدة طرق منها التعبئة تحت تفريغ vacuum، استخدام مواد ماصة للأكسجين ومولدة لثاني أكسيد الكربون أو مولدة لبخار الايثانول أو بالطريقة الشائعة لحقن الغاز والمعروفة باسم التعبئة الغازية. وعادة تستخدم التعبئة تحت تفريغ فى تعبئة اللحوم لإطالة عمرها التخزينى والمحافظة على جودة اللحوم الطازجة حيث توضع فى غشاء له نفاذية أكسجين منخفضة ويزال الهواء تحت التفريغ حيث تنخفض نسبة الأكسجين إلى أقل من 1%. بينما يزداد ثاني أكسيد الكربون الناتج من تنفس النسيج والميكروبات فى آخر الأمر إلى 10-20% داخل الفراغ القمى للعبوة، ويزداد العمر التخزينى للحوم المعبأة نتيجة تثبيط نمو الميكروبات الهوائية المفسدة لها، خاصة أفراد جنس *Pseudomonas* و *Alteromonas*.

ومن الطرق الحديثة لتعديل جو العبوات، وضع حبيبات صغيرة sackets - تشبه المواد المجففة - داخل الناتج المعبأ وهى على عدة أنواع بعضها يمتص الأكسجين فقط أو يمتصه ويولد حجم مساو له من ثاني أكسيد الكربون داخل فراغ العبوة أو يولد بخار الايثانول بهدف إطالة العمر التخزينى للأغذية المعبأة.

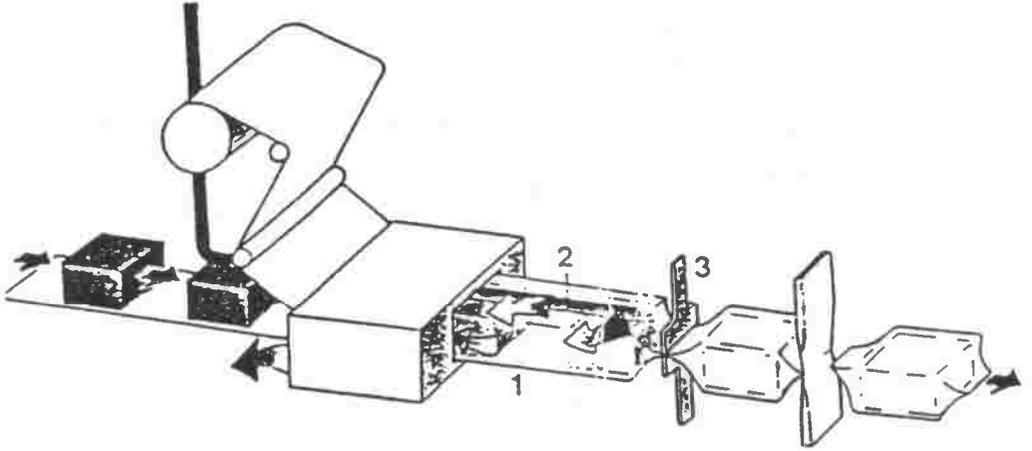
23 - 4 - 3 أجهزة التعبئة الغازية Gas packaging equipments :

عادة فضغط الغاز داخل العبوة يساوى الضغط الجوى الخارجى (واحد ضغط جوى) ويمكن الوصول لذلك عن طريق ثلاثة أنواع من أجهزة التعبئة:

أولاً : أجهزة التشكيل المستمر أو التدفق الغازى المفاجئ:

Continuous forming or Gas flushing equipments

حيث تعمل الماكينة أنبوية من الغشاء تحيط وتسيج encloses الناتج ويدفع بمخلوط الغاز المناسب فى تدفق مستمر فى العبوة بحيث تخفف الهواء الموجود بها وتقلل نهايتى العبوة ثم تقطع لفصل كل عبوة عن الأخرى (شكل رقم 23-8) وتتميز هذه الطريقة بارتفاع معدل الإنتاج إلى 120 عبوة فى الدقيقة.



- 1- وحدة تشكيل مستمرة continuous forming equipment .
- 2- وحدة تشكيل حرارى thermoforming equipment .
- 3- وحدة تعبئة صب أو أنبوية سنوركل snorkel or bulk packaging equipment .

شكل رقم 8-23 جهاز التشكيل المستمر للتعبئة الغازية .

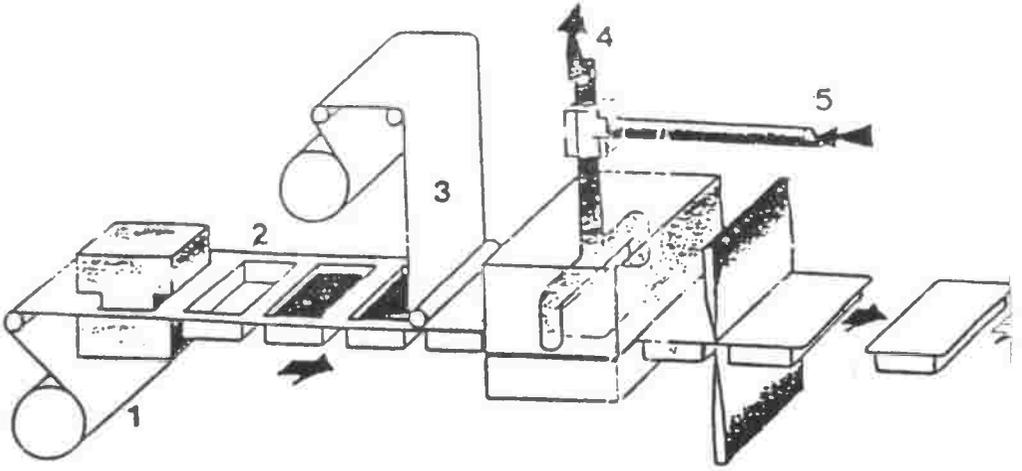
المصدر : smith et. al .

ثانياً : أجهزة التشكيل الحرارى Thermoforming equipments :

حيث يوضع الناتج فى صوانى مشكلة حرارياً ويعمل تفريغ لإزالة معظم الهواء ثم يكسر هذا التفريغ بإدخال مخلوط الغاز المناسب ثم تقفل الصوانى بالحرارة بواسطة غشاء قمي رقيق . يوضح شكل رقم 9-23 النواتج المعبأة بالتشكيل الحرارى التى تتميز بكفاءتها فى إزالة الأكسجين إلى أقل من 1% .

ثالثاً: أجهزة تعبئة الصب Bulk (Snorkel) equipment :

توضع المنتجات المعبأة أو غير المعبأة فى كيس كبير متصل بالماكينة ويدخل إليها أدوات probes أو snorkels لإزالة الهواء من داخل الكيس ويكسر التفريغ بدفق مخلوط الغاز المناسب، تسحب الأدوات probes، تقفل الأكياس المحتوية على الغاز، ويخزن أو يوزع .



1, 2 : وحدة تشكيل الصواني حرارياً وتعبئة الناتج.

3: رول الغطاء.

4: تفريغ لإزالة الهواء.

5: دخول مخلوط الغاز

شكل رقم 23-9 : جهاز التشكيل الحرارى للتعبئة الغازية

المصدر : *Smith et al. (1992)*.

23 - 4 - 4 دور الغازات المستعملة فى التعبئة الغازية :

من المعتاد استخدام غازات ثانى أكسيد الكربون، الأوكسجين، والنيتروجين كمخلوط فى التعبئة الغازية، ولأنها هى نفسها الغازات التى يتنفسها الإنسان فهى غير سامة أو ضارة ولا تعتبر من المواد المضافة. ويلعب كل من هذه الغازات دوراً متخصصاً محدداً فى الأغذية المعدلة الجو، كما يلى :

أولاً : غاز النيتروجين (N_2):

غاز خامل ليس له تأثير على الأغذية وليس له تأثير مضاد على الميكروبات. يستخدم

أساساً كغاز مالى ليمنع العبوة من الانبعاج collapse فى المنتجات التى يمكنها امتصاص ثانى أكسيد الكربون، كما يستخدم أيضاً ليحل محل الأوكسجين فى الأغذية منخفضة النشاط المائى A_w ويمنع الأوكسدة والتزنخ.

ثانياً : غاز الأوكسجين (O_2) :

يتم تجنبه فى التعبئة الغازية إلا إذا استخدم ليؤدى إحدى الوظائف الثلاث الآتية: (أ) فى تعبئة اللحوم الحمراء للمحافظة على اللون الوردى bloom، (ب) يستخدم بتركيزات منخفضة فى تعبئة الأغذية التى تتلف مثل الفاكهة والخضر، (ج) لمنع الظروف اللاهوائية حيث يحد من نمو الميكروبات اللاهوائية الضارة وخصوصاً *Clostridium botulinum* وهو أهم هذه الوظائف.

ثالثاً : غاز ثانى أكسيد الكربون (CO_2) :

أهم الغازات فى مخلوط التعبئة الغازى، حيث أن له تأثيراً مثبطاً لنمو بعض البكتريا bacteriostatic وبعض الفطريات fungistatic كما يستخدم لمنع نمو الحشرات فى منتجات الأغذية المعبأة والمخزنة. يذوب CO_2 بشدة فى الماء والدهون مكوناً حمض الكربونيك الذى يخفض رقم الأس الايدروجينى مما يؤدى إلى تغيير طفيف فى النكهة، ونتيجة لامتصاصه بالمنتجات المعبأة فإنه قد يؤدى إلى انبعاج العبوات. توجد غازات أخرى لها صفات مضادة للميكروبات مثل أول أكسيد الكربون، أكسيد الاثيلين، والأوزون ولكنها لا تدخل ضمن أنظمة التعبئة فى جو معدل لأسباب عديدة منها ثبات الغازات وتكون بقايا سامة، ولذا توجد تحفظات على استخدامها فى الأغذية إلا على نطاق محدود للغاية مثل استخدام أول أكسيد الكربون بتركيزات ضئيلة (1-4%) فى اللحم المجمد ورؤوس الخس لمنع مشكلة تغير اللون discoloration. ونوضح فيما يلى تأثير ثانى أكسيد الكربون المضاد للميكروبات والعوامل المؤثرة عليها.

1- فعل ثانى أكسيد الكربون المضاد للميكروبات:

رغم كثرة الدراسات فإن الميكانيزم الحقيقى لفعل ثانى أكسيد الكربون غير معلوم بدقة، ويمكن تلخيص نتائج هذه الدراسات فيما يلى: (أ) أن احلال CO_2 محل O_2 يشارك قليلاً فى

التأثير الكلى المضاد للميكروبات ويؤدى إلى خفض (أو ببطء) نمو الميكروبات الهوائية المفسدة، (ب) يؤثر أيون CO_2 - بيكربونات على نفاذية الأغشية الخلوية، (ج) غاز ثانى أكسيد الكربون له المقدرة على التحميض السريع وخفض رقم الأس الايدروجينى الداخلى للخلايا الميكروبية وتأثيراته المتشعبة على الأنشطة الميتابوليزمية، (د) يؤثر ثانى أكسيد الكربون على بعض النظم الإنزيمية. وأيا كان السبب المسئول عن التأثير على الميكروبات فإن ثانى أكسيد الكربون يكون فعالاً فى إطالة العمر التخزينى للأغذية القابلة للتلف بتأخير النمو الميكروبى. ويكون التأثير الكلى لغاز ثانى أكسيد الكربون مع التبريد، عن طريق إطالة طور السكون lag phase وزيادة الزمن الجيلى generation time للميكروبات المفسدة.

2- العوامل المؤثرة على فعل CO_2 المضاد للميكروبات:

وتشمل العوامل الآتية :

أ- أنواع types الميكروبات:

تختلف الميكروبات فى حساسيتها لغاز ثانى أكسيد الكربون والتي تعتمد على احتياجاتها من الأكسجين . حيث يثبط نمو الميكروبات الهوائية المفسدة للحوم والدواجن والأسماك مثل *Pseudomonas* و *Acinetobacter* و *Moraxella* بواسطة تركيزات ثانى أكسيد الكربون المنخفضة (20 - 30%) ، ويثبط الفطر بتركيز 10% ثانى أكسيد الكربون رغم اختلاف حساسية الأنواع المختلفة لتأثير ثانى أكسيد الكربون المثبط.

ثانى أكسيد الكربون له تأثير مضاد ضعيف - أو غير مؤثر - على نمو بعض الكائنات

الحية الدقيقة اللاهوائية اختياريًا facultative anaerobes مثل *Brochotrix thermosphacta* عائلة *Enterobacteriaceae*، أو بكتريا حمض اللاكتيك المحبة لقليل من الهواء microaerophilic التي يمكنها النمو فى تركيزات مرتفعة من ثانى أكسيد الكربون (75-100%) ولا تتأثر البكتريا اللاهوائية *Clostridium* و *Clostridium botulinum* *perfringens* بوجود ثانى أكسيد الكربون بل تحثها الظروف اللاهوائية فى الأغذية المعبأة فى جو معدل، ولهذه الميكروبات تأثيرات صحية ضارة خاصة عند التعبئة تحت ظروف لاهوائية تماماً وعند التخزين عند درجات حرارة غير مناسبة abuse . وتحت ظروف تعبئة

فى جو معدل تتحول الميكروبات المفسدة السائدة من ميكروبات هوائية إلى بكتريا حمض اللاكتيك المقاومة لثانى أكسيد الكربون. ويؤثر أيضاً عمر الميكروبات على الفعل المثبط لثانى أكسيد الكربون، حيث ينخفض عند تحول البكتريا من طور السكون lag phase إلى الطور اللوغاريتمى log phase. وعلى ذلك فكلما أجريت التعبئة الغازية للنتاج مبكراً كلما زادت فعالية ثانى أكسيد الكربون.

ب- تركيز ثانى أكسيد الكربون:

تركيز ثانى أكسيد الكربون فى مخلوط الغازات له أهمية كبرى لإطالة العمر التخزينى للنتاج من الناحية الميكروبيولوجية. معظم المنتجات الغذائية تحتاج إلى تركيز منخفض من ثانى أكسيد الكربون (20-30% بالحجم) لتثبيط الميكروبات الهوائية المفسدة. وباستخدام تركيزات أعلى من ثانى أكسيد الكربون لا يزداد تأثيره المثبط ولا تحدث إطالة إضافية للعمر التخزينى للنتاج، ولكن تفيد هذه الزيادة فى تعويض الفاقد من ثانى أكسيد الكربون فى الفراغ القمى عبر غشاء التعبئة، بالرغم من أن تركيزات ثانى أكسيد الكربون المرتفعة تؤدى إلى تغير اللون وزيادة الفاقد من السائل المنفصل drip فى الأغذية العضلية، ومن ناحية أخرى، فإن أقصى تركيز من ثانى أكسيد الكربون يستخدم مع الفاكهة والخضر يتراوح بين 5-10% لتلافى المشاكل الناتجة عن زيادة التركيز.

أوضحت نتائج التجارب الأولية أن استخدام تركيز 25% ثانى أكسيد الكربون فى جو التعبئة الغازية يؤدى إلى تثبيط واضح لنمو كل من *Flavobacterium*، *Achromobacter*، *Bacillus*، *Micrococcus*، و *Pseudomonas*، بينما تثبط تماماً بتركيز 50% ثانى أكسيد الكربون، ويتراوح التركيز الأمثل لتثبيط ميكروبات الفساد الهوائية بين 40-60% ثانى أكسيد الكربون. وقد أوضحت نتائج تجارب تالية أن أقصى تثبيط لميكروبات الفساد الشائعة: كأنواع *Pseudomonas*، *Alteromonas putrefaciens*، *Yersinia enterocolitica*، يحدث عند تركيز 26% ثانى أكسيد كربون فى الهواء، بينما يحتاج التثبيط التام لبكتريا *Brochotrix thermophacta* إلى تركيز مرتفع يبلغ 75% ثانى أكسيد كربون.

أما النمو الفطرى فيثبط بالتركيزات المنخفضة من ثانى أكسيد الكربون، فعلى سبيل

المثال فإن عديد من أنواع الفطريات *Cladosporium* ، *Rhizopus* ، *Aspergillus* تثبط تماماً باستخدام 5-10% ثاني أكسيد الكربون عند واحد درجة مئوية ، بينما يستخدم تركيز 20-30% لمنع نمو الفطريات على اللحوم، وتركيز 30-50% ثاني أكسيد الكربون للتثبيط التام لكل أنواع الفطريات فى الخبز والكيك. ولا يرتبط هنا التثبيط بخفض الضغط الجزئى للأكسجين فى الجو الغازى حيث أن الفطريات يمكنها أن تستمر فى النمو العادى عند تركيز أكسجين منخفض وثابت حتى 1%.

ج - درجة حرارة التخزين:

يعتبر ثانى أكسيد الكربون فعالاً كمضاد للميكروبات عند درجة حرارة منخفضة ويقبل هذا التأثير عند درجات الحرارة العالية. يرجع ذلك إلى زيادة ذوبان ثانى أكسيد الكربون فى الوجه المائى للمنتجات عند درجة حرارة منخفضة والتي تؤثر على رقم الأس الأيدروجينى والنظم الأنزيمية داخل الميكروبات. ولا تعتبر التعبئة فى جو معدل بديلاً عن درجات حرارة التخزين المناسبة حيث يقلل من التدهور فى المنتجات الغذائية ولكنه لا يوقفها تماماً. ويؤدى تخزين الأغذية العضلية فى جو معدل على درجة حرارة غير مناسبة إلى النمو السريع للبكتريا المفسدة والمرضة. ووجد أن أقل درجة حرارة لنمو الـ *Escherichia* و *Salmonella* الملقحة فى اللحم المفروم المعبأ فى أغشية منخفضة أو عالية النفاذية هى 12.5° مئوية ، بينما تنمو *Staphylococcus aureus* وتنتج السم المعوى enterotoxin تحت الظروف اللاهوائية عند 10° مئوية، وبالتالي فالتبريد ضرورى لتأكيد فعالة ثانى أكسيد الكربون كعامل مضاد للميكروبات وللمنع نمو الممرض منها.

د- نفاذية أغشية التعبئة:

تعتبر نفاذية الأغشية من أهم العوامل المؤثرة على الفعل المضاد لثانى أكسيد الكربون. فنجاح أو فشل التعبئة فى جو معدل مع الأغذية التى تتنفس والتي لا تتنفس يتوقف على عدم نفاذية مواد التعبئة للأكسجين ولثانى أكسيد الكربون ويجب أن تتميز بمعدل إنتقال منخفض لبخار الماء لمنع فقد أو اكتساب الرطوبة. فى التعبئة الغازية يستخدم بوليمرات مثل الديلون عديد الاستر، PP، PVdC، EVOH، PE التى لا يتوفر فى واحد منها بمفرده

جميع الخواص المرغوبة في أغشية التعبئة، ولكن تكون عدة طبقات laminated مضغوطة بين اثنين أو أكثر منها لإنتاج الأغشية الملائمة متعددة الطبقات كما يوضح ذلك جدول رقم 10-23 فيستخدم مع المنتجات التي لا تتلفس أغشية متعددة الطبقات مثل النيلون PE / nylon ، النايلون PE / PVdC / nylon أو النيلون PE / EVOH / nylon . تتميز هذه الأغشية المركبة بمعظم الخواص المرغوبة مثل القوة التي تكتسبها من طبقة النيلون الخارجية، عدم نفاذية الغاز والأبخرة التي يكتسبها من PVdC و EVOH ، وقابلية الغلق الحرارى من وجود PE .

أما أغشية تغليف الفاكهة والخضر فيجب أن يتوفر لها المقدرة على المحافظة على التوازن بين تركيز أكسجين منخفض (3-5%) داخل الفراغ القمى للعبوة ومنع تراكم تركيز عال من ثانى أكسيد الكربون (لا يزيد عن 10%) ويتوفر ذلك فى أغشية LDPE و PVC .

جدول رقم 10-23 : أمثلة على أنواع وسمك ونفاذية الأغشية عديدة الطبقات المستخدمة فى تعبئة الأغذية فى جو معدل

النفاذية (سم ³ / م ² / 24 ساعة / 1 ضغط جوى)			السك (مكرون)	نوع الغشاء عديد الطبقات
N ₂	CO ₂	O ₂		
8	30	10-8	12/3/50	PET / PVdC / PE
4	30	15	400/75	UPVC / LDPE
2.5	34	9	60/5/100	nylon / PVdC / PE
		4-2	15/60	PVdC - coated
1	20	15	400/75	UPVC / PE
		5	25/10/25/100	Nylon/ EVAL/Nylon/PE

المصدر : (Smith et al. (1992

23 - 4 - 5 تطبيقات التعبئة في جو معدل:

يوضح جدول رقم 23-11 نسب مخاليط الغازات المستخدمة في تعديل جو العبوات والتي يمكن الوصول إليها بدراسات نظامية (ليس عن طريق المحاولة والخطأ) للمتغيرات المتشابكة التي تؤثر على طول العمر التخزيني للنتاج، وسنذكر أمثلة لنسب هذه الغازات المستخدمة مع المنتجات الغذائية المختلفة.

أولاً : الأغذية العضلية (اللحوم والدواجن والأسماك) :

تتميز الأغذية العضلية في حالتها الطازجة في وجود الأكسجين بعمر تخزيني محدود نتيجة النمو والنشاط الحيوي للبكتيريا المسالبة لصبغة جرام من السلالات السيكروتروفية Psychrotrophs لأجناس *Pseudomonas* ، *Achromobacter* ، *Flavobacterium* ، و التي يمكن تثبيطها بتعبئة الناتج في أغشية غير منفذة في جو غني بثاني أكسيد الكربون، وتسود سلالات بكتيريا حمض اللاكتيك المحبة لقليل من الهواء microaerophiles. ونتيجة تثبيط النمو البكتيري ينخفض تركيز ثلاثي ميثايل أمين (TMA) والنتروجين الكلي الطيار (TVN). رغم أن الجودة الميكروبية تحتل الأهمية الكبرى لمصنعي الأغذية إلا أنه مع الوقت تحدث تغيرات كيميائية عديدة في الغذاء والتي تؤثر على الطازجة، اللون، النكهة، والقوام. فمثلاً يعتبر وجود الأكسجين ضرورياً للمحافظة على اللون الأحمر اللامع bloom في اللحوم الجيدة إلا أنه يشجع النمو الميكروبي بعكس وجود ثاني أكسيد الكربون الذي يثبطه ويؤدي إلى تغير لون اللحم الطازج discoloration .

جدول رقم 11-23 : أمثلة عامة على مخاليط الغازات المستخدمة في تعبئة بعض المنتجات الغذائية في جو معدل

% N ₂	% CO ₂	% O ₂	درجة العرارة بالمئوي	النتائج الغذائية
منتجات اللحوم				
10	20	70	2-0	لحم بقرى طازج
70	30	0	3-1	لحم ملصق cured
0	20	80	2-0	لحم خنزير
10	50	40	2-0	أحشاء
60-80	40-20	0	2-0	دواجن
الأسماك				
30	40	30	2-0	بيضاء
40	60	0	2-0	دهنية
20	60	20	2-0	سالمون
30	40	30	2-0	سكامبي Scampi
30	40	30	2-0	جمبرى
الحاصلات البستانية				
توازن*	6-4	6-3	4-0	تفاحيات
توازن	10	2-1	10-5	بروكولى
توازن	6-2	6-4	5-2	كرفس
توازن	6-5	3-2	5	خس
توازن	4	4	10-5	طماطم
منتجات الخبيز				
40	60		درجة حرارة الغرفة	خبز
40	60		درجة حرارة الغرفة	كيك
40	60		درجة حرارة الغرفة	فطائر رقيقة محلاة crepes
40	60		درجة حرارة الغرفة	الكعك اللين المستدير غير المحلى crumpet
40	60		درجة حرارة الغرفة	فطائر فاكهة

تابع جدول رقم 23-11 :

% N ₂	% CO ₂	% O ₂	درجة الحرارة بالمئوي	النتائج الغذائية
المكرونة والوجبات الجاهزة				
20	80	0	4	المكرونة
30	70	0	4-2	لازانيا
48	52	0	5	بيتزا
20	80	0	4	ملفوف المسجق
منتجات أخرى				
100		0	درجة حرارة الغرفة	شرائح البطاطس
100		0	درجة حرارة الغرفة	النقل (المكسرات)

* يقصد بها نسبة غاز النيتروجين التي تكمل نسبة 100% في مخلوط الغازات

المصدر : (Smith et al. (1992

لتلافى تغيرات لون اللحم غير المرغوبة استخدم غاز أول أكسيد الكربون (CO) فى نظم الجو المعدل فى العبوات، حيث يتحد أول أكسيد الكربون مع صبغة الميوجلوبين Mb مكوناً صبغة حمراء لامعة من كربوكسى ميوجلوبين Mb CO الذى يتشابه طيفياً مع الأوكسى ميوجلوبين Mb O₂ وهى الصبغة المسلوقة عن اللون الأحمر اللامع فى اللحم الطازج. ووجد أن Mb CO أكثر ثباتاً تجاه الأوكسدة من Mb O₂ للارتباط القوى بين CO وبين حديد البورفيرين فى جزئى الميوجلوبين. ويؤدى استخدام تركيزات منخفضة من أول أكسيد الكربون إلى تقليل التغيرات اللونية الضارة الناتجة من استخدام تركيزات عالية من ثانى أكسيد الكربون للمحافظة على السلامة الصحية فى أثناء فترات النقل الطويل. وقد أثار استخدام أول أكسيد الكربون العديد من التساؤلات التى ترتبط بفاعليته وأمانه، ومن غير

الشائع استخدامه حالياً. وللتغلب على مشكلة تلون اللحم استخدم خليط غازات مكون من 70% ثاني أكسيد الكربون ، 20% أكسجين، و 10% نيتروجين لمنع الإنبعاج الداخلى للعبوة نتيجة ذوبان ثاني أكسيد الكربون فى اللحم، وأمكن تحت ظروف التبريد إطالة عمرها التخزينى إلى 10-12 يوماً مع احتفاظ اللحم بلونه .

عدد تخزين شرائح لحم بقرى beef loin slices مطبوخة لمدة 11 أسبوع عند 20° مئوية لم يثأثر القوام بجو العبوة سواء كان هواء أو جوا معدلا (20% ثاني أكسيد الكربون و 80% نيتروجين)، لكن تحسنت النكهة والرائحة فى الجو المعدل. بعد التخزين وإعادة التسخين كان الطعم والنكهة أكثر لحمية meaty وأقل فى الطعم المقدوح wormed over والطعم الكرتونى والأكسدة (قيم حمض ثيوبار بيتيوريك TBA) وأقل فى محتوى الهكسانال والبننتال فى الشرائح المعبأة فى الجو المعدل عن الشرائح المناظرة المعبأة فى الهواء .

وجد أن اللحم البقرى المعبأ تحت تفريغ أو فى جو معدل قد احتوت على عد ميكروبي لا هوائى أعلى كثيراً من عد الميكروبات الهوائية وازداد الفرق وضوحاً أثناء الثلث الأخير من التخزين عند 2-0° مئوية فى عبوات الجو المعدل، وكانت معظم العزلات اللاهوائية منها عبارة عن بكتريا حمض اللاكتيك من نوع cocci و staphylococci ولم تعزل منها أى clostridia .

المعاملة بالإشعاع فى غياب الأكسجين تؤدى إلى إطالة مدة المحافظة على الخواص الحسية للحم الخنزير من 9 إلى 26 يوم عند 5° مئوية، ومن أقل من يومين إلى يومين عند 25° مئوية. أما المعاملة بالإشعاع فى وجود الأكسجين فإنها تؤدى إلى التأثير على الصفات الفيزيائية والكيمائية والحسية للنتاج النهائى . أما فى اللحم المنضج cured ، فإنه لا ضرورة لوجود الأكسجين لأنه يسبب أضراراً لونية للنتاج ويجب أن يعبأ فى مخلوط متساوى من ثاني أكسيد الكربون والنيتروجين أو فى 100% من أيهما بشرط خلوهما من الأكسجين .

تعتبر المعاملة المزدوجة للحم الدجاج بالسوربات والتعبئة فى جو معدل من ثاني أكسيد الكربون من أكثر النظم كفاءة فى تثبيط الميكروبات المفسدة خاصة أنواع Pseudomonas ، دون خلق ظروف بيئية اختيارية تشجع نمو بكتريا حمض اللاكتيك فى الننتاج وتؤدى إلى

إطالة العمر التخزينى 3 أيام أكثر من الكونترول المعبأ فى الهواء عند 10° مئوية. وكان عد الميكروبات أقل من 10 مستعمرة لكل جرام فى فطائر الدجاج المعبأ فى أكياس PE أو تحت تفريغ vacuum skin ، ولا تؤثر طريقة التعبئة على المواد المتفاعلة لحمض ثيوباربيتوريك TBARS الأولية رغم أنه بزيادة مدة التخزين تزداد قليلاً كمية TBARS وزيادة كل من البننتال والهكسال.

تؤدى تغييرات الأكسدة الذاتية فى الأسماك إلى تكوين الدهيدات وكيثونات وكحولات وأحماض كربوكسيلية منخفضة الوزن الجزيئى. ويعتمد نوع مخلوط الغاز المستخدم فى التعبئة على محتوى الأسماك من الدهون والتي تختلف من 1% فى الأسماك منخفضة الدهون إلى 20% فى الماكريل والرنجة. ويمكن تعبئة الأسماك منخفضة الدهون فى مخلوط من 60% ثانى أكسيد الكربون و40% أكسجين، بينما تجرى تعبئة أسماك الماكريل والرنجة عالية الدهون فى جو خال من الأكسجين لمنع مشاكل التزنخ.

تفسد شرائح الأسماك المعبأ فى 100% هواء بعد 9 أيام كما يظهر من خواصها الحسية، ازدياد رقم الأس الايدروجينى للسطح، محتوى ثلاثى ميثايل أمين TMA، قيم K-، والعد الميكروبي. وبزيادة مستوى ثانى أكسيد الكربون من 25 إلى 75% فى جو العبوة فإن عمر التخزين لسماك البلطى ازداد بمقدار يتراوح بين 4 إلى 21 يوم مقارنة بنفس شرائح السمك المعبأ فى 100% هواء. وبالرغم من أن شرائح السمك المعبأ فى 75% ثانى أكسيد الكربون و25% نتروجين كان مقبولاً بالتحكيم الحسى إلا أن قيم K- له كانت مرتفعة (بلغت 93.1%) وهى تعتمد فقط على طول فترة التخزين فى الجو المعدل ولا تعتمد على الفساد. وعند 4° مئوية وجد فرق لوغارىتمى فى العد البكتيرى بعد 2، 4، 6 أيام بين السمك المخزن فى جو ثانى أكسيد الكربون مقارنة بالكونترول المخزن بدون ثانى أكسيد الكربون. كما سبق القول فإن ثانى أكسيد الكربون فى جو العبوات يثبط بكتريا الفساد السالبة لصبغة جرام مثل *Pseudomonas* وينشط البكتريا الموجبة لصبغة جرام مثل *Lactobacillus*. وتتنخفض أيضاً قيم TVN فى السمك المخزن فى جو معدل يحتوى على ثانى أكسيد الكربون عند 4° مئوية ولمدة 2 إلى 8 أيام مقارنة بالمخزن بدون ثانى أكسيد الكربون، وبالتالي فإن تعبئة السمك الطازج وتخزينه فى جو ثانى أكسيد الكربون يؤدى إلى إطالة عمره التخزينى.

بمعاملة شرائح سمك السنور catfish المثلجة الطازجة بجرعة إشعاع منخفضة (50-100 كيلو راد) ثم عبئت في جو معدل من 80% ثاني أكسيد الكربون و20% هواء أو 100% ثاني أكسيد الكربون فلم يوجد فرق بينها وبين الكونترول المعبأة في 100% هواء، أى أن المعاملة بالإشعاع فى وجود أو غياب جو معدل من ثانى أكسيد الكربون تخفض الحمل البكتيرى وتطيل العمر التخزينى من 5-7 أيام إلى 20-30 يوم. ووجد أن استعمال ثانى أكسيد الكربون يكون فعالاً فى تأخير النمو الميكروبي أثناء التخزين المبرد لعبوات الجملة للجمبرى البنى الطازج ويتناسب الفعل التثبيطى مع تركيز ثانى أكسيد الكربون وينخفض كل من رقم الأس الايدروجينى لسطح الجمبرى وقيم TVN فى العبوات المخزنة فى جو معدل بينما تزداد فى الجمبرى المخزن فى الهواء.

فالأثر البالغ للتعبئة الغازية هو إطالة العمر التخزينى للنتاج حيث يتضاعف ثلاث مرات تقريباً للحم والدواجن والأسماك مقارنة بتلك المعبأة فى الهواء وبشرط تخزينها بالتبريد، حيث تمثل درجة حرارة التخزين عاملاً حرجاً للحصول على أقصى فائدة مرجوة لإطالة العمر التخزينى للأغذية فى جو معدل من ثانى أكسيد الكربون.

ثانياً : الحاصلات البستانية Horticultural products :

يقدر الفاقد النوعى والكمى فى الحاصلات البستانية أثناء الجمع والتداول وحتى تصل إلى المستهلك بحوالى 20-50% فى الدول النامية، وبحوالى 5-25% فى الدول المتقدمة، فمثلاً قدر الفاقد نتيجة تلف ثمار الفاكهة والخضر بحوالى واحد بليون دولار سنوياً فى الولايات المتحدة الأمريكية. ولخفض هذا الفاقد تستخدم التعبئة فى جو معدل مع درجة حرارة التخزين المناسبة حيث يودى استخدام التعبئة فى جو معدل للحاصلات البستانية الطازجة إلى : (أ) تثبيط الفساد الميكروبي، كنمو الفطريات على السطح، (ب) خفض الأنشطة التنفسية مما يؤخر النضج والشيخوخة senescence . تعتبر تعبئة الفاكهة والخضر فى جو معدل من أكثر التحديات التى تجابه صناعة التعبئة حيث تختلف الحاصلات البستانية عن غيرها من الأغذية الطازجة فى استمرارها فى التنفس بعد حصادها، مما يودى إلى تراكم ثانى أكسيد الكربون حولها وانخفاض الأوكسجين. تحت هذه الظروف يحدث التنفس اللاهوائى (التخمر) مع إنتاج كحولات وألدهيدات وكيوتونات تودى إلى نكهة ورائحة غير

مقبولين فى الناتج. لتلافى نقص (أو مجاعة) الأكسجين فى النواتج المعبأة فى جو معدل فيجب أن لا يقل الأكسجين فى الفراغ القمى للعبوة عن 2% ويرتفع ثانى أكسيد الكربون إلى حوالى 2-6%، رغم أنه يمكن تخزين الفراولة مع 25% ثانى أكسيد الكربون لفترات طويلة. ويوضح جدول رقم 11-23 نسب تركيب بعض مخاليط الغازات التى تستخدم مع التفاحيات وبعض أصناف الخضر. ولا يسمح باستخدام أول أكسيد الكربون CO فى التعبئة الغازية للأغذية إلا بحوالى 4% بالحجم فى الجو المعدل لتخزين قلوب الخس lettuce cores لتأخير التلون البنى، وهذا هو السماح الأوحد لإستخدام أول أكسيد الكربون فى حفظ الأغذية عن طريق السلطات التشريعية.

يرجع نجاح تخزين الفاكهة والخضر بعد التعبئة فى جو معدل إلى التوازن الصحيح فى مخلوط الغازات داخل الفراغ القمى للعبوة باستخدام مواد تعبئة مطورة تسمح بانتقال الغازات اختياريًا - وكذلك الرطوبة - تحت ظروف يمكن التحكم بها لخفض النشاط الحيوى للثمار بدون خفض كبير فى الأكسجين أو تراكم ثانى أكسيد الكربون فى الفراغ القمى للعبوة، وعادة تستخدم أغشية PE ، PVC ، والسيلوفان فى هذا الصدد. يستخدم فى فرنسا أكياس من PE مزودة بنوافذ من السيليكون المطاطى rubber silicon لإحكام نفاذية الأكسجين وثانى أكسيد الكربون. يمكن لهذه الأكياس أن تحفظ من 3-5% من كل من الأكسجين وثانى أكسيد الكربون. ويؤدى استخدام جو معدل مع درجة حرارة تخزين صحيحة إلى إطالة العمر التخزينى بين 15 إلى 30 يوم فى الفاكهة والخضر والسلطة المحضرة.

تعانى نظم التعبئة فى جو معدل والمصممة لإنتاج أكسجين أمثل عند درجات حرارة مناسبة من تعقيدات ارتفاع درجة الحرارة الإنتقالية transient خلال عملية التخزين أو النقل، فيزداد معدل تنفس الفاكهة والخضر بارتفاع درجة الحرارة أكثر من ارتفاع نفاذية الأغشية للغازات . ويؤدى ارتفاع درجة الحرارة عن الدرجة المثلى إلى نقص الأكسجين (اختناق anoxia) فى أنسجة الثمار وإلى تلف واضح فيها وبالتالي يلزم زيادة النفاذية للغازات وتعويض درجة الحرارة لتساوى قيم Q_{10} التى تحتاجها نظم التعبئة فى جو معدل ليعمل بفاعلية. يؤدى استخدام أغشية ذات نفاذية أكسجين منخفضة إلى حدوث التنفس اللاهوائى وازدياد بكتريا حمض اللاكتيك وزيادة تسرب البوتاسيوم. من ناحية أخرى يؤدى

استخدام أغشية ذات نفاذية أكسجين عالية في تعبئة الجزر المفروم grated carrots إلى حدوث التنفس الهوائي والاحتفاظ بالجودة مع انخفاض نسبة السكر أثناء التخزين.

تصبح الطماطم غير صالحة للأكل في فترة تتراوح بين 17 إلى 46 يوم ويتوقف ذلك على درجة حرارة التخزين. أكتشف السم البوتشيوليني botulinum في 80% من عينات الطماطم التي احتفظ بها لمدة من 2 إلى 9 أيام بعد الزمن المقدر لعدم صلاحيتها للأكل. فتعبئة الطماطم في جو معدل يمكن أن يؤدي إلى سمية الطماطم بعد أن تتلف بشدة وليس بعد نقطة قبولها حسيًا. على ذلك فإن مخاطر التسمم البوتشيوليني botulism نتيجة استهلاك الطماطم الكاملة التي أطيل عمرها التخزيني يكون غير مؤكد.

يضبط رطوبة الفول black beans المخزن في عبوات غير منفذة (PP/PE/Al foil laminate) وجد أنه يتصلب (يتحصرم) بمعدل منخفض مقارنة بالمخزن في أكياس PP المغزولة. كما يتصلب الفول المخزن تحت الأرض في عبوات غير منفذة بدرجة أقل نتيجة انخفاض درجة الحرارة في هذا النوع من التخزين. ولا يؤثر تعديل الجو بغازي ثاني أكسيد الكربون والنيتروجين بدرجة ملموسة على تصلب (حصرمة) الفول المحمص والفول غير الكامل.

ثالثاً : منتجات الخبيز Bakery products :

تعاني المخبوزات من التلف بالفطريات وبالتالي يكون عمرها التخزيني محدوداً. للتغلب على ذلك فإنه يضاف لها بعض المواد الحافظة كالبنزوات والسوربات ولكنها تؤدي إلى تغير نكهة ورائحة الناتج. ولتلافي ذلك يعبأ الخبز أو الكيك في مخلوط من الغازات يحتوي على 60% ثاني أكسيد الكربون أو أكثر مما يؤدي إلى إطالة عمرها التخزيني بنسبة 300-400%. ويعتمد ذلك على نشاط الماء a_w في الناتج حيث تكون إطالة العمر التخزيني مؤكداً في المنتجات منخفضة النشاط المائي (a_w تساوي 0.85 أو أقل) وتحدد أيضاً نوع الفطر. ففي المنتجات منخفضة الرطوبة تسود فيها الفطريات المفسدة التي تنمو جيداً في الوسط الجاف xerophilic fungi مثل *Aspergillus glaucus*. أما في المنتجات ذات النشاط المائي المرتفع مثل الكعك اللين (كرومبيت crumpet) وفطائر الفاكهة فإنه يسود بها

بعض أفراد الجنس *Penicillium*. وأمكن إطالة عمر كرومبيت خالية من الفساد بالفطر لمدة شهر بتعبئتها في 60% ثاني أكسيد الكربون. وقد يمكن إطالة عمرها التخزينى عن ذلك قليلاً باستخدام تركيز أعلى من ثاني أكسيد الكربون إلا أن الناتج المعبأ قد يمتصه مما يؤدي إلى انهيار العبوة نتيجة تأثير التعبئة التفريغى *vacuum packed effect*.

التعبئة الغازية استخدمت في بعض الدول الأوروبية مثل فرنسا وألمانيا لإطالة العمر التخزينى للخبز والكيك، حيث يفيد وجود ثاني أكسيد الكربون في الجو المعدل في منع ظاهرة الطعم الباييت *staling*. تستعمل أغشية تعبئة حاجزة مع منتجات الخبيز مثل nylon / PE / PVdC، مغطى بـ PP و PE أو بأيونومير الساريلن *suryln*. يوضح جدول رقم 23-11 أمثلة على منتجات الخبيز المعبأة غازياً.

رابعاً : المكرونة (العجائن) الطازجة ومنتجات أخرى:

Fresh pasta and other products

تستخدم التعبئة الغازية حالياً لإطالة العمر التخزينى للعجائن الطازجة ومنتجات الأغذية الخفيفة (التسالى *snaks*) والمحافظة على جودتها. تتعرض العجائن الطازجة للفساد بنمو البكتريا والفطر ومشاكل التزنخ نتيجة أكسدة الدهون. يمكن منع هذه المشاكل بإزالة الأكسجين من الفراغ القمى للعبوات بتعبئتها في مخلوط غازى من ثاني أكسيد الكربون والنيتروجين (جدول رقم 23-1). أما منتجات الأغذية الخفيفة الأخرى والتي تتميز بنشاط مائى منخفض (أقل من 0.6) فإن تعبئتها في 100% نيتروجين يكون كافياً لمنع التزنخ التأكسدى وغالباً فإنها لا تتعرض للفساد الميكروبى لإنخفاض النشاط المائى ولا تحتاج لوجود ثاني أكسيد الكربون في مخلوط غازات التعبئة.

وجد أن طريقة تعبئة الفول السودانى ذى القشرة الجافة مبكر الحصاد لا تؤثر على نكهته بعكس حجم البذرة: فالفول السودانى الذى نصف قطره من 6.35 - 7.14 مم يفقد؛ نكهته بانتظام أثناء التخزين (لارتفاع محتواه الرطوبى) وتنتج منه زبدة فول سودانى داكنة اللون بالمقارنة بالفول ذى الحجم الكبير (نصف قطره أعلى من 8.33 مم) والفول السودانى المقشر (نصف قطره أعلى من 6.75 مم). ويؤدى تخزينه في أجولة نسجية *burlap* إلى

دكانة أغلفة البذور بعد 6 شهور بينما يؤدي تخزينه في أجولة من اللدائن في جو من ثاني أكسيد الكربون إلى رفع محتواه من الرطوبة وينتج زبدة فول سوداني داكنة اللون.

23 - 4 - 6 أمان وسلامة الأغذية المعبأة في جو معدل:

Safety of MAP foods

توجد مخاوف متزايدة من الأغذية المعبأة في جو معدل من ناحية تأثيرها على الصحة العامة خاصة عند تعرضها لدرجات حرارة غير مناسبة أثناء توزيعها وتخزينها القطاعي أو التي يستخدمها المستهلك . ومن أكبر المشاكل في هذه الأغذية نمو وإنتاج التوكسين بجراثيم *Clostridium botulinum* (طرز A ، B ، E) والتي تمثل خطراً على المستهلك . ويزداد نمو جراثيم *Clostridium botulinum* وإنتاجها للتوكسين في الأسماك المعبأة في جو معدل وفي السلدويتشات المعبأة في جو من النتروجين وفي البطاطس المعبأة تحت تفريغ خاصة إذا خزنت عند درجة حرارة غير مناسبة. على الرغم من هذا لم توجد دلائل قوية على وجود مخاطر أعلى في حالة التعبئة الغازية مقارنة بالتعبئة في الهواء خاصة عند استخدام درجات حرارة غير مناسبة لإنخفاض فاعلية ثاني أكسيد الكربون. ويعتقد أن إدخال الأوكسجين في الفراغ القمي قد يمنع مخاطر نمو بكتريا *Clostridium botulinum* في المنتجات المعرضة للتلوث بها وأوضحت الدراسات الحديثة عدم ضرورة ذلك لأنه لا يعطى حماية إضافية ضد *Clostridium botulinum*.

وجد أن تخزين الأغذية المعبأة في جو معدل لا يزيد من مخاطر الميكروبات المرضية غير المكونة للجراثيم مثل *Staphylococcus aureus* ، *Salmonella species* حيث تثبط بتركيزات ثاني أكسيد الكربون المرتفع، ويزداد التثبيط بخفض درجة حرارة التخزين. ويمكن أن تنمو بكتريا *Yersinia enterocolitica* و *Listeria monocytogenes* على درجات حرارة التخزين المبرد ويحتاج إلى مزيد من الدراسات عن نمو هذه الميكروبات في الأغذية المخزنة في جو معدل.

يحتاج التطبيق الفعال للتعبئة في جو معدل إلى تقدير دقيق لكيمياء وفسيرولوجيا وميكروبيولوجيا النظم الغذائية وعلاقتها بمواد التعبئة وبالظروف البيئية الدقيقة المتغيرة . وقد أدى إدراك مميزات تقنية الأغذية المعبأة في جو معدل كتقنية مستقبلية للحفظ والتعبئة مما

يفتح آفاق جديدة لتصنيع منتجات غذائية جديدة تختلف في طرق تخزينها وتوزيعها.

23- 5 الأمان الميكروبي لمواد التعبئة والتغليف:

يجب أن تخلو مواد التعبئة والتغليف من أية ميكروبات ممرضة والتي لها خطورة على صحة المستهلك. فمثلاً يجب أن تخلو مواد تعبئة الوجبات سابقة الطهي المجمدة من بكتريا *Salmonella*، بينما يعتبر تواجد أعداد قليلة من جراثيم *Clostridium perfringens* في مواد تعبئة التوابل قليل الأهمية لتواجد هذه البكتريا عادة في التوابل المجففة.

عامة يجب ألا تحتوي مواد التعبئة إلا على أعداد ضئيلة للغاية من الميكروبات المسببة للفساد. فيشترط في الولايات المتحدة الأمريكية ألا تحتوي مواد عبوات الأغذية على أكثر من 250 ميكروب لكل جرام ولا على أكثر من ميكروب واحد لكل سم² في عبوات اللبن. وعادة تقل أعداد البكتريا على سطح رقائق وأنابيب اللدائن المستخدمة في تصنيع الأغذية إلى 1-20 ميكروب لكل 1000 سم² بمتوسط أقل من 10. لوحظ أن عدداً بسيطاً من الميكروبات تظل حية في اللدائن التي تم فردها عند 220[°] مئوية.

عديد الستيرين PS يعتبر مادة تعبئة صحيحة لتعبئة البيض مقارنة بالكرتون ومنتجات الخشب لأنها خاملة بالنسبة للنشاط الميكروبي. ووجد أن لبعض مواد اللدائن خواص مضادة للبكتريا لما يتواجد معها من ورنيشات الألكيد وراتنجات PVC / فينول أو عديد الاسيتال. مع ذلك فقبل إختيار مادة العبوة يجب التأكد من أن المادة المضادة للميكروبات لن تلوث المادة الغذائية بها. ولا يحتوي الورق المستخدم في صناعة العبوات الورقية على ميكروبات مرضية لارتفاع درجة حرارة التجفيف (أثناء تصنيع الورق) إلى 200[°] فمهنيت لمدة لا تقل عن 80 ثانية، وعلى ذلك فهو خال تماماً من الميكروبات المرضية. ومعظم الميكروبات التي وجدت بالورق بعد صناعته هي من النوع المقاوم للحرارة والمكون للجراثيم عادة والمنتشر في الطبيعة - سواء في الهواء، التربة، أو الماء - وأكثر هذه الميكروبات شيوعاً هي: *Bacillus subtilis*، *Bacillus megaterium* و *Bacillus macroides*. ووجد بعض أنواع من الفطريات تنتمي للأجناس التالية: *Aspergillus*، *Alternaria*، *Penicillium* و *Cladosporium*.

مادة العبوة يجب أن تمنع دخول أي ميكروبات، ويتوفر ذلك في معظم الزجاجات ،

العلب المعدنية، وأغشية اللدائن المتوفرة تجارياً في الأسواق. وقد يحدث الاختراق الميكروبي للعبوة نتيجة حدوث خلل أثناء عملية القفل أو حدوث ثقب في مادة العبوة. وبالتالي يجب أن يكون لمادة العبوة قوة ميكانيكية كافية لمقاومة التلف أثناء التصنيع والتداول. وتجدر الإشارة إلى أن مكونات الغذاء المعبأ قد تؤدي إلى تلف العبوة مثل قطع العظم الحادة في اللحم والدواجن، ويوافق العضلات أو قطع الجلد في المنتجات المجففة أو المدخنة بشدة.

يستخدم الاختبار الحيوي biotest لاختبار مدى مقاومة الغشاء لاختراق البكتيريا حيث تملأ العبوة المعقمة ببيئة مغذية ثم تغلق وتغمر في حمام يحتوي على الميكروب المختبر مثل *Enterobacter* أو مخلوط من الميكروبات. ويدل ظهور غاز أو عكارة في البيئة على حدوث اختراق ميكروبي للعبوة. ويستخدم اختبار طبخ الأجار agar cooking test مع مواد التعبئة اللدائية التي تتحمل أو تقاوم الحرارة ورقائق الألومنيوم المصفحة. ويتم الاختبار على العبوات لمدة 45 دقيقة في 2% أجار وقبل أن يبرد الأجار، تضاف جراثيم بكتيريا *Bacillus stearothermophilus* حيث تدخل إلى العبوة خلال مواقع التسرب إن وجدت. كما يمكن للميكروبات أن تهاجم مواد التعبئة التخليقية، وتحت الظروف المناسبة فإنها قد تخترق الأغشية السليمة intact.

أغشية اللدائن تختلف بدرجة كبيرة في مدى نفاذيتها للغازات، ويؤدي إزالة الأكسجين إلى خفض معدل أكسدة المنتج ويقلل من نمو الكثير من أنواع البكتيريا والخميرة أو يمنع نمو الميكروبات الهوائية إجباراً مثل الفطريات. ويمكن خفض النفاذية المرتفعة للأكسجين في عديد الستيرين PS وعديد الأوليفينات بتكوين غشاء مصفح مع أغشية أو مواد أخرى بطرق مختلفة. كما يمكن خفض النفاذية المرتفعة لبخار الماء في بعض الأغشية - مثل إيدراتات السليلوز - بالورنشة varnishing. وتوضح المراجع تضاربا في مدى نفاذية أغشية اللدائن المخلفة للميكروبات، حيث أتضح أن أغشية خلاصات السليلوز وعديد الاثيلين تنفذ ميكروبات مثل *E. coli* و *Serratia marcescens*، بينما الأغشية الأخرى مثل عديد الاثيلين PE، عديد البروبيلين PP، نيلون 6، نيلون 11، عديد الأوليفين المغطى بطبقة عديد الاستر، وعديد الاثيلين المغطى بعديد الاستر فكلها غير منفذة للبكتيريا. وقد يعزى هذا التضارب في النتائج إلى وجود عيوب في تكوين الأغشية مثل وجود ثقوب أو غير ذلك.

تعتبر أغشية مشتقات السليلوز خالية من التلوث الميكروبي، وهي مناسبة من الناحية الصحية لتغليف الأغذية. ترجع هذه الميزة إلى طريقة تصنيع هذه الأغشية، حيث يصنع من لب الخشب النقي المكبرت والمعامل بالصودا الكاوية حيث ينتج شراب لزج القوام ويرشح ويستبعد الهواء الموجود ثم يعالج بالحامض ويترسب وتتكون أغشية السليلوز، وأثناء هذه المعاملة تهاك جميع الكائنات الحية الدقيقة من بكتريا وخميرة وفطر. كما تغطي الأغشية الشفافة عند نهاية التصنيع بطبقة من مواد رنيشية ذاتية في منضيات عضوية ويجرى لها تجفيف سريع عند درجة حرارة مرتفعة، ولا تتحمل الكائنات الحية الدقيقة هذه المعاملة وتصبح أغشية السليلوز مقاومة للتلوث أثناء التداول، ولا تنفذ البكتريا أو الأحياء الدقيقة الأخرى.

أما المعاملة التي تتعرض لها الأغشية ذات القاعدة المطاطية rubber base - ومنها بليوفيلم pliofilm (وهي سائل مطاطية معاملة بحامض الايدروكلوريك) فإنها كفيلة بإعادة جميع البكتريا وجراثيمها وغيرها من الأحياء الدقيقة التي يحتمل أن تلوث هذه الأغشية أثناء تصنيعها. كما تخلو رقائق الألومنيوم (سمكها 0.0008 بوصة أو أكثر) تقريباً من الميكروبات. عادة فإن هذه الرقائق تغطي بطبقة رنيشية واقية مما يجعل العبوات ذات جودة عالية من الناحيتين الصحية والتقنية.

23 - 6 ميكروبيولوجيا الأغذية المعبأة:

إن العامل الأكثر أهمية لميكروبيولوجيا الأغذية المعبأة هو النفاذية النسبية لمادة التعبئة لكل من الأكسجين، ثاني أكسيد الكربون، وبخار الماء ويختلف تأثيرها باختلاف مواد التعبئة والعبوات كما يلي :

أولاً: مواد التعبئة المنفذة:

يمكن أن تحمي مواد التعبئة عالية النفاذية لبخار الماء والغازات والأكثر نفاذية للأكسجين عن ثاني أكسيد الكربون، الغذاء ضد الميكروبات للملوثات ولكنها لا تؤثر على نمو الميكروبات المتواجدة على الغذاء.

ثانياً : العبوات المحكمة الغلق الغير منفذة:

Impermeable hermetically sealed packags

فى هذا النوع من العبوات ، يتأثر نشاط الميكروبات بعدة عوامل منها: وفرة الغذاء كبيئة ميكروبية، درجة الحرارة، نشاط الماء، رقم الأس الايدروجينى، طبيعة الغازات الموجودة، والتنافس بين الميكروبات.

ثالثاً : العبوات المحكمة الغلق غير المفرغة والغير منفذة للغازات:

gas impermeable, hermetically sealed but unevacuated packags

فى هذا النوع من العبوات فإن الفلورا الميكروبية فى أنسجة اللحم الطازج تستهلك الأوكسجين وينخفض فى نفس الوقت رقم الأس الايدروجينى تدريجياً نتيجة نشاط ميكروبات حمض اللاكتيك. وتؤدى هذه التغيرات إلى بطء نمو البكتريا الهوائية المسببة للفساد ويزداد العمر التخزينى بحوالى 50%. يعتبر نمو الميكروبات اللاهوائية مشكلة نادرة فى اللحم الطازج بغض النظر عن التعبئة ولم يسجل تكوين التوكسين ببكتريا *Clostridium botulinum* فى اللحم الطازج سواء معبأ تحت تفريغ أو بدونه.

أما فى اللحم المطهى أو المنضج أو فى الأسماك حيث يتواجد عدد قليل من الميكروبات المنافسة (سواء *Clostridium botulinum* أو *Clostridium perfringens*) التى يمكنها أن تنمو أحياناً فى وجود أو غياب الأوكسجين الغازى ولذلك فإن الميكروبين سالفى الذكر لا يتأثران بالتعبئة. وفى شرائح اللحم الملقحة ببكتريا *Clostridium botulinum* والمعبأ فى عبوات مفرغة أو بدون تفريغ، نجد أن التفريغ يثبط الفساد ولكنه لا يمنع تكوين التوكسين، ولا يكون المستهلك منتبها للخطر الموجود فى العبوة.

أما ثانى أكسيد الكربون الموجود فى العبوة فإنه لا يبطن فقط من معدل فساد اللحم ولكن يغير أيضاً من الفلورا الميكروبية المسببة للفساد، فيشجع نمو البكتريا الموجبة لصبغة جرام مثل *Lactobacillus* ، *Leuconostoc* ، و *Pediococcus* بينما يثبط نمو البكتريا السالبة لصبغة جرام مثل *Pseudomonas* .

تسمح المنتجات المملحة والمنضجة في عبوات مفرغة بنمو بكتريا حمض اللاكتيك و streptococci بينما تسمح العبوات غير المفرغة بنمو الخمائر أحياناً. وتنمو أعضاء عائلة *Enterobacteriaceae* بما فيها الـ *Salmonella* على سطح اللحم الطازج المعبأ وتتكاثر أحياناً بالرغم من وجود ملايين من بكتريا حمض اللاكتيك. وتقاوم بكتريا *Staphylococcus aureus* التفرغ في العبوات ولكن يثبط نموها ومقدرتها على تكوين التوكسين المعوي enterotoxin بفعل الأكسجين المنخفض.

تتناقص الميكروبات من على اللحم الأحمر أو لحم الدجاج المعبأ في جو معدل مكون من مخلوط هواء وثاني أكسيد الكربون مقارنة باللحم غير المعبأ بهذه الطريقة. بالإضافة إلى إطالة الزمن اللازم للفساد من 2-3 مرات.

رابعاً : التعبئة تحت ظروف معقمة Aseptic filling :

حيث يعبأ الغذاء المعقم في وعاء معقم تحت ظروف معقمة، وهناك ثلاثة أنواع من العبوات المستعملة تحت ظروف معقمة وهي : عبوات معدنية معقمة بالبخر وتملاً وتغلق في غرفة معقمة، عبوات مرنة flexible مزال منها التلوث بالأشعة فوق البنفسجية، أو بالكحول أو البيروكسيد أو بتوليفة من هذه المواد والتي تعبأ بالحقن والغلق (في خطوة واحدة) في جو معقم. كما تستخدم أوعية PE أو PS الميثوقة حيث يتم تعقيمها بالحرارة الخاصة بعملية البثق ويتم تعبئتها في حجرة مغلقة.

خامساً : أوعية الضغط Pressurized containers :

حيث يعبأ الغذاء مع غاز مضغوط غير سام مثل النتروجين الذي ليس له تأثير مثبط على النمو الميكروبي بينما استخدام أكسيد النتروجين يكون له تأثير مضاد للبكتريا.

بعض الأغذية لا تشجع النمو الميكروبي مثل الزيوت وبالتالي فإنها تعبأ على البارد gassed cold. أما الأغذية مرتفعة الحموضة ومنخفضة النشاط المائي والتي قد لا تشجع نمو الميكروبات المقاومة للحرارة فيمكن أن تعبأ على الساخن gassed hot. ومن ناحية أخرى، فإن الأغذية متعادلة رقم الأس الأيدروجيني أو ذات النشاط المائي المرتفع قد تسمح بنمو الميكروبات، وبالتالي فيجب تعقيمها بعد الغلق أو تعقم منفصلة وتعبأ تحت ظروف

معقمة فى عبوات سبق تعقيمها .

23 - 7 إعادة الإستعمال، إعادة التدوير، والتخلص من العبوات المستعملة:

Re - use, recycling and disposal of used packages

بعد استعمال العبوات واستنفاد وظائفها فإنها تعتبر فاقداً. وتساوم كل من المستهلك والصانع عن كيفية الاستفادة أو التخلص من العبوات الغذائية المستعملة خاصة تلك المصنعة من اللدائن وظهرت عدة اتجاهات فى هذا المجال: كإعادة الاستعمال re - use، إعادة التدوير recycling، والتخلص منها disposal. وتجرى عملية إعادة التدوير باستبدال البوليمر المعاد تدويره جزئياً بأخر بكر virgin بطريقتين أساسيتين، كما يلى :

أولاً: إعادة التدوير الميكانيكية Mechanical recycling :

حيث يعاد تصنيع العبوات المستعملة بتقطيعها على هيئة أجزاء أو قطع. وتتم هذه العملية الآن فى دول الإتحاد الأوروبى على حوالى 75 ٪ من اللدائن الكلية بحيث تستبدل 2-3 ٪ من البوليمرات الجديدة البكر وتجرى بنجاح محاولة زيادة هذه النسبة إلى حوالى 15-20 ٪ من البوليمر الأصلى.

ثانياً: إعادة التدوير الكيماوية / التكريرية Chemical / refinery recycling :

تم إعادة التدوير الكيماوية بتقنية انشقاق السلسلة التى تحدث على خطوات مختلفة بإعادة البلمرة والتخلص من الشوائب ثم يكثف البوليمر مثل عديدات اليوريثان polyurethanes، عديدات الاستر polyester (PET)، عديد الأميدات polyamides ... إلخ. ولا يلزم تحلل البوليمر إلى الأربيات الجزيئية الأصلية ولكنها توفّر عند مكرنات بادئة precursors مثل عديدات الكحول polyols فى حالة عديدات اليوريثان. كما تؤدى عمليات التحلل الحرارى فى عملية التغذية الكيماوية chemical feedstock إلى إنتاج مواد من نوع الايدروكربان (غازات). وتتضمن عملية إعادة التدوير التكريرية على خطوات انشقاق السلاسل الكربونية وإعادتها كمنتجات بتروكيماوية.

توجد العديد من الصعوبات التى تجابه عملية إعادة التدوير منها: ارتفاع تكاليف جمع

اللدائن المستعملة، فرزها، الخواص المميزة لللدائن، التقنية المستخدمة، الطرق الفنية القياسية، تقبل المستهلك، والجدوى الإقتصادية.

23 - 7 - 1 نسب الطاقة energy ratios للمواد الخام الأولية (البكر) والثانوية (المستعملة) :

وهي أحد العوامل الهامة المرتبطة بإعادة التدوير حيث تستهلك المواد الخام الثانوية في العبوة النهائية طاقة أقل لتحويلها لخامات تعبئة جديدة عن الطاقة اللازمة لعمل نفس الناتج من مواد خام أولية (بكر virgin) مثل البوكسيت bauxite للألومنيوم وخام الحديد لصناعة الصلب. وتختلف نسب الطاقة المستهلكة من مادة خام لأخرى، كما تعتمد أيضاً على الجهود التخطيطية والإدارية والهندسية التي تتم لإجراء عمليات الفصل (عن المواد الأخرى) والتركيز للمواد الخام في عملية إعادة التدوير وهي العملية التي تحدد تكاليف الطاقة.

أ - الألومنيوم :

حيث تكون الطاقة اللازمة لعمل عبوة أو ناتج جديد من علب قديمة (أو مستعملة) أقل من 3 / 1 الطاقة اللازمة لصنعها من مواد خام بكر (أولية مثل البوكسيت) وقد تصل تحت الظروف المثلى إلى أقل من 1 / 10 . ولذلك فإن الألومنيوم يعتبر مادة مناسبة لإعادة التدوير.

ب - الصفائح Tinplate :

تكون الطاقة اللازمة لعمل عبوة جديدة من القديمة بإعادة التدوير في فرن كهربائي أقل بحوالي 40% من الطاقة اللازمة إذا صنعت من خام الحديد، وعادة يتم فرز العلب الصفائح بطريقتين: إجراء فرز مبدئي presorting في المنازل لعلب الصفائح المستعملة وفصلها عن الأوعية الزجاجية، ورق الصحف، الكرتون، اللدائن، وأية بقايا صلبة، أو إجراء فرز نهائي postsorting بالمغناطيس من الكتلة الصلبة المجمعة من المنازل. تتم إعادة التدوير بإعادة صهر العلب الصفائح. وعادة ما تكون وحدة الفرز النهائي والصهر عالية التكاليف ولكنها تناسب المدن كثيفة السكان.

ج - الزجاج:

عادة تتوفر المواد الخام لصناعة الزجاج: الرمل، الملح كمادة لكريونات الصوديوم التجارية (الصودا soda ash)، والحجر الجيري حيث تصهر معا لتكوين الزجاج . وعلى ذلك فإن التوفير في الطاقة يكون له الأهمية الأولى، عن طريق تحسين العزل الحرارى لفرن الصهر، التى تحتاج إلى تكاليف صيانة دورية وتكون غير إقتصادية فى حالة تدنى سعر الطاقة، بينما يزداد الإهتمام بزيادة العزل الحرارى عند إرتفاع سعر الطاقة وذلك بهدف خفض التكلفة. ويوجد جزء من الطاقة التى يتم استهلاكها فى تصنيع الصودا من الملح، وهذه الكمية تمثل 15% من الطاقة اللازمة للصهر ويمكن توفيرها باستخدام زجاج قديم ومخاليط أخرى، وبالتالي فإن الزجاج يناسب عملية إعادة التدوير. وعادة ينصح بإعادة تدوير الزجاج عديم اللون منفصلاً عن الزجاج الملون لإنتاج منتجات زجاج غير ملون باقتصاديات جيدة.

د - اللدائن plastics والورق:

تتميز هذه المواد عن سابقتها باحتوائها على طاقة يمكن تحريرها بالحرق لاستخدامها كوقود، وهو فى ذلك يتشابه مع الألومنيوم (الذى عند حرقه إلى أكسيد الألومنيوم - عند حرق النفايات الصلبة - منتجاً حرارة قليلة بمقارنتها بالطاقة اللازمة لإنتاج الألومنيوم من البوكسيت، وبالتالي فإن إعادة تدوير الألومنيوم تكون أفضل من ترميده). وينطبق ذلك على الورق ومعظم اللدائن الهامة، فإذا أخذ عديد الإيثيلين PE كمثال فإننا نحتاج إلى 2 طن وقود بترول (أو ما يكافئه) لإنتاج طن واحد من كرات عديد الإيثيلين أو أية صور أخرى مناسبة لتصنيع الناتج النهائى التى تحتاج إلى طاقة إضافية بمقدار 0.1 أو 0.2 من مكافئ البترول لتشكيله للصورة المرغوبة. تحتاج إعادة تدوير عبوات PE النظيفة المتجانسة بإعادة بثقها re-extrusion إلى 0.1 أو 0.2 مكافئ بترول/مكافئ وزن من PE لإنتاج ناتج جديد (من القديم) وهى تمثل 15-25% من الطاقة اللازمة لتصنيع نفس الكمية من منتجات PE من مواد خام بكر. وعلى ذلك تكون إعادة التدوير هى الاختيار الأول لعديد الإيثيلين ومعظم اللدائن الأخرى إذا ما علمنا أن المحتوى الحرارى لطن واحد من البترول يكافئ طناً واحداً من PE.

عندما تكون هناك صعوبة لإجراء عمليات التدوير بطريقة مستمرة للدائن والورق فإنه يمكن بكفاءة استعادة 70% من محتوى الطاقة الكيماوية بالنظام المناسب من الترميد أو الإنحلال الحرارى pyrolysis، خاصة بعد استفاذ طرق توفير الطاقة والمواد بعد عدة مرات من إعادة تدوير الورق والدائن. وأيضاً فهناك مشاكل عملية ترتبط بإعادة تدوير اللدائن والتي أهمها أنه يجب أن تكون متجانسة ونظيفة، وقد ظهرت طرق جديدة فى اليابان لإجراء فرز أتوماتيكي لمكونات المخلوط المكون لمواد اللدائن.

بافتراض أن كفاءة الأفران حوالى 70%، فإنه يمكن استعادة 35% من الطاقة الكلية المستهلكة فى تصنيع PE بإنتاج حرارة مفيدة (لتسخين الماء للتدفئة المركزية) أو حوالى 15-20% إذا استخدم لتوليد القوى الكهربائية. وفى حالة استخدام وحدات الضغط المعاكس counter - pressure لإنتاج الحرارة المفيدة والقوى الكهربائية فإنه يمكن استعادة 40% من الطاقة الكلية وهى تمثل كفاءة تقدر بحوالى 80% لهذه المنشآت.

عادة يتم استخلاص طاقة أقل من PVC بالترميد نتيجة أن القيمة السعيرية caloric value لل PVC تكافئ 0.4 طنا من وقود البترول / طن PVC، فى حين أنها تكافئ واحد طن من وقود البترول / طن PE. ويتشابه الورق مع PE حيث تكافئ الطاقة الكلية المستهلكة 1.2 - 1.3 طنا من وقود البترول / طن واحد من ورق الصحف وتكون الطاقة المتبقية فى الورق حوالى 0.4 طن بترول / طن ورق. ويعنى هذا توفير 35% من الطاقة خلال إعادة التدوير بينما يتم توفير 25% من الطاقة بإجراء الترميد لإنتاج حرارة مفيدة. وبالتالي فمن وجهة نظر الطاقة فإن إعادة تدوير الورق هى أكثر البدائل فائدة بينما يكون الترميد هو البديل الثانى المقبول عندما يستحيل إجراء إعادة التدوير فى حالة الورق الملوث ببقايا الأغذية وذلك لإنتاج الحرارة المفيدة والقوى الكهربائية.

يتم حالياً إعادة تدوير PE، PVC، PET بنجاح كبير ولكن يصعب إجراؤها للدائن متعددة الطبقات التى قد تصل إلى سبع طبقات مختلفة وتزداد صعوبة إعادة تدوير المواد المركبة composite مثل ألياف زجاجية / معدن أو لدائن / خزف ceramics. ويتم حالياً فى الدول الاسكندنافية جمع كراتين الحليب الفارغة من المنازل ثم إذابتها ويصنع منها صناديق للبيض، وأمكن أيضاً فصل PE عن الألومنيوم وإعادة استخدام كل منها فى

أغراض أخرى.

23 - 7 - 2 : التخلص من النفايات Disposal of waste :

اقترح من قديم حل مشكلة التخلص من النفايات بإجراء خفض كمية المنتجات المعبأة ولكن هذا يخالف الطلب المتزايد على العبوات لحماية المنتجات وزيادة جاذبيتها والمرونة المرتفعة في إنتاج وتداول العبوات. يمكن تلخيص أهم طرق التخلص من النفايات في الطرق الآتية:

أولاً: دفن النفايات وكمرها Composting and damp filling :

كان التخلص من النفايات بدفنها لقرون عديدة وحتى وقت قريب هو الطريق العملي الوحيد والبسيط والرخيص. حيث يبدأ تحطم المواد العضوية ثم تحولها الكائنات الحية الدقيقة إلى مواد معدنية وغازات. وفي وجود الأكسجين فإن تحطم المواد العضوية يكون أسرع (يسمى التحطم الهوائي) ثم يتم استهلاك الأكسجين بسرعة بواسطة الكائنات الحية الدقيقة وتصبح الظروف لا هوائية وتتكون الغازات العضوية وخاصة الميثان (الغاز الحيوي biogas). وتناسب هذه الطريقة الكميات الصغيرة من النفايات سريعة التحطم، لكنها لا تناسب مجتمعات اليوم التي ينتج عنها كمية كبيرة من النفايات التي يصعب تحطيمها. كما يؤدي الاحتراق المصاحب لهذه العملية إلى إنتاج دخان وروائح كريهة نتيجة تكون نفايات غير متحللة، وبتزايد تكون الشقوق في كتلة المخلفات يزداد مرور الأكسجين خلالها مما يقلل من هذه الروائح. وعادة فإن اللدائن لا تتحطم وتشاهد في معظم مدافن النفايات حتى بعد مرور العديد من السنوات. كما يؤدي هطول الأمطار عليها إلى غسيل المواد المضافة إلى اللدائن وتسرى خلال كومة النفايات لتلوث الماء الجوفي.

وقد طورت هذه الطريقة إلى كمر composting النفايات وتحويلها إلى سماد عضوي يحسن من خواص التربة حيث ينتج عن تحللها مواد تشبه الدبال humus . ويتم التحكم في هذه الطريقة بأسراع عملية التحلل كما أنها تعطي الفرصة لإزالة المواد غير المتحللة باستمرار. لا تناسب هذه الطريقة الكثير من أنواع العبوات.

ثانياً : الحرق والتريميد Incineration :

طريقة أكسدة سريعة زاد استخدامها فى السنوات القليلة الماضية حيث تتميز بتحويل النفايات إلى حجم أقل يبقى ككتلة معقمة ويمكن فصل المعادن المغناطيسية قبل الحرق وتزال المعادن الأخرى بالفرز من الرماد والتي يمكن استخدامها فى تبطين الطرق وأغراض أخرى مشابهة. أهم مميزات هذه الطريقة هو استخدام الطاقة الحرارية المتولدة أثناء الحرق حيث قدرت القيمة السعرية للمخلفات بحوالى 3000 كيلو كالورى / كجم مقارنة بحوالى 4000 كيلو كالورى / كجم خشب و 12000 كيلو كالورى / كجم وقود البترول. كما يستفاد بالمحتوى السعري المرتفع للدائن فى محارق خاصة لتوليد حرارة مفيدة أو القوى الكهربائية ولكن يحظر استخدامها (وكذلك كراتين الحليب الفارغة) فى التدفئة المنزلية لخطورتها. وقد عدلت هذه الطريقة إلى طريقة التحلل الحرارى pyrolysis لتقطير النفايات الجافة ويستغل جزء من الغازات الناتجة فى استمرار العملية والباقي يتم توجيهه إلى مواسير الغاز العامة فى المدينة. ومن مساوئ عملية الحرق أنها تؤدى إلى تلويث الهواء حيث يؤدى حرق اللدائن والمخلفات المنزلية الأخرى إلى تكوين حمض Hcl الذى يجب التخلص منه ومن المواد السامة وحبيبات السناج وإزالتها من الدخان الناتج.

ثالثاً : مواد التعبئة والعبوات القابلة للتحلل (التحطم) Degradibility :

من المعروف أن الكائنات الحية الدقيقة يمكنها تحليل اللدائن إذا كان وزنها الجزيئى منخفضاً عن 500 ، وقد أدى ذلك ببعض العلماء إلى بناء جزيئات اللدائن بحيث تحتوى نقط مهاجمة built in points of attack مثل منتجات النشا المجلتن. كذلك إضافة كميات صغيرة من بعض المواد الفعالة كيموضوئياً إلى مادة اللدائن بعد بلمرتها. تفترض كلا الطريقتين تعرض العبوات مقدماً للأشعة فوق البنفسجية قبل أن يبدأ التحطم. للكائنات الحية الدقيقة مقدرة مدهشة على الأقامة تحت الظروف المختلفة لتكوين طفرات يمكنها أن تحطم كل المواد العضوية المعروفة. كما استحدثت مزارع بكتيرية يمكنها تحطيم بعض أنواع اللدائن مباشرة . وتهدف كل هذه المحاولات إلى الحفاظ على نظافة البيئة، ولكن يخشى أن يؤدى توفر مواد قابلة للتحطم إلى إنخفاض الإحساس العام بالمسؤولية تجاه التخلص من العبوات بالإضافة إلى الخطورة الناشئة من ابتداء عملية التحطم قبل استخدام العبوة وحتى قبل أن

تعباً ، ونظراً لأن عملية التحطم تتم ذاتياً auto - catalytic لمرحلة معينة فقط وتصبح المادة بعد ذلك غير مناسبة لإعادة التدوير أو الإستفادة بطاقتها الحرارية سواء بالكمر أو بتركها فى الطبيعة. ونرى أن هذا التطور لن يحل مشكلة النفايات وبعثرة الفضلات والتي ينصح بالتوعية بها عن طريق التعليم فى الأسرة ورياض الأطفال والمدارس.

والآن نتجه الدول المتقدمة إلى إصدار قوانين تتضمن تنظيمات حديثة لتجنب آثار نفايات مواد التعبئة، فمثلاً صدر فى يونيو 1991 م فى ألمانيا قانون لمعالجة هذه المشكلة، يتضمن ما يلى :

أ - يتحمل الصناع والتجار مسؤولياتهم تجاه العبوات المستعملة فى المستقبل.

ب - أن يتم تحرير الجمهور عن مسؤولياته تجاه إدارة المخلفات.

ج - أن يتم خفض المواد المعبأة قدر الإمكان.

د- أن تلقى العبوات معادة الإستخدام رعاية خاصة.

هـ - أن تكون الأولوية لإعادة استخدام المواد المستعملة عن المعاملات الحرارية.

وسوف يؤدى ذلك إلى تغيير جوهرى فى طرق إنتاج وتوزيع السلع بحيث يتحمل الصناع والتجار فى المستقبل مزيداً من المسؤوليات البيئية ولا تترك المسؤولية على المستهلكين. كما يجب أن يرصد التمويل اللازم لإجراء بحوث محلية على مختلف مواد العبوات المستعملة ومدى ملاءمتها لبعض الصناعات الغذائية والتي يجب أن تعتمد على ثلاثة إجراءات عملية : توفير ظروف صحية ممتازة، تقنية تصنيع جيدة، وبيئة صحية.

23- 8 المراجع References

- د. أحمد على العريان (1967). البلاستيك فى التكنولوجيا الحديثة ملحق الأهرام الإقتصادى - القاهرة.
- د. حامد رباح التكرورى، د. سلمى خليل طوقان، د. محمد على حميض (1999). دليل مصطلحات علوم الغذاء والتغذية (إنجليزى / عربى). المكتب الأقليمى للشرق الأدنى - منظمة الأغذية والزراعة - القاهرة، جمهورية مصر العربية.
- د. حسين عثمان (1998). معجم علم وتقنية الغذاء (إنجليزى / عربى). مكتبة المعارف الحديثة - سابا باشا، الإسكندرية.
- مؤتمر تكنولوجيا تداول الحاصلات البستانية بعد القطف (1991). بالقاهرة وبالتعاون مع الهيئة الدولية للخدمات التنفيذية - ستامفورد - كندا، الولايات المتحدة الأمريكية. ترجمة د. عواد حسين، د. عبد المجيد قمر، ود. ماجدة بهجت.
- ندوة التطورات الحديثة فى تعبئة وتغليف الألبان والأغذية (1994، عربى / إنجليزى). كلية الزراعة فرع الفيوم - جامعة القاهرة.

Anonymous (1977). The packaging media. Blacki & sons, London.

Anonymous (1986). The rauch guide to the packaging industry. Rauch Assoc. Inc., Bridgewater, New York.

Anonymous (1995). Technical guide for the packaging of milk and milk products. 3 ed. Ed. Bull. IDF 300.

Autian, J. (1980). Plastics. In "Casarett and Doull's toxicology. ed. J. Doull, C. D. Klaassen; and M. O. Amdur. 2 nd. Ed. Macmillan Pub. Co., Inc., New York.

Bakker, M. (Ed.) (1986). Encyclopedia of packaging technology. J. Wiley & Sons, New York.

- Baldwin, E. A.; and Nisperos - Carredo, M. O. (1994). Edible coating and films to improve food quality. Technomic Pub. AG, Missionsstrase 44, Basel, Switzerland.
- Birley, A. W. (1982). Plastics used in food packaging and the role of additives. Food chem. 8, 81 - 84.
- Brighton, C. A. (1982). Styrene polymers and food packaging. Food chem. 8, 97 - 107.
- Briston, J. H. (1982). New materials for food packaging - The future. Food chem. 8, 147 - 155.
- Briston, J. H. (1989) Plastic films, 3 rd Edn. chap. 9, Longman scientific and Technical, Essex, England.
- Baner, A.; Bieber, W.; figge, K., Franz, R.; and Piringor, O. (1992). Alternative fatty food simulants for migration testing of polymeric food contact materials. Food Addit. contam. 9, 137 - 148.
- Carlin, F.; Nguyen. The , C.; Hilbert, G. and Chambroy, Y. (1990). Modified atmosphere packaging of fresh, "ready - to - use" grated carrots in polymeric films. J. Food Sci. 55, 1033 - 1038.
- Castle, L.; Mercer, A. J. and Gilbert, J. (1988). Migration from plasticized films into foods. 4. use of polymeric plasticizers and lower levels of di (2 - ethylhexyl) adipate plasticizer in PVC films to reduce migration into food . Food Addit. Contam. 5, 277 - 282.
- Castle, L.; Mercer, A. J.; Startin, J. R. and Gilbert, J. (1988). Migration from plasticized films into foods. 3 - Migration of phthalate, sebacate, citrate and phosphate esters from films used for retail food packaging : Food Addit. Contam. 5, 9 - 20.
- Castle, L.; Mayo, A. and Gilbert, J. (1990). Migration of epoxidised soya bean oil into foods from retail packaging materials and from plasticized PVC film used in the home. Food Addit. Contam. 7, 29 - 36.

- Castle, L.; Nichol, J. and Gilbert, G. (1992). Migration of polyisobutylene from polyethylene / polyisobutylene films into foods during domestic and microave oven use. *Food Addit. Contam.* 9, 315 - 330.
- Crosby, N. T. (1981) *Food Packaging Materials*. Applied Science Pub., London.
- Campbell, A. J. (1994) The recycling, reuse and disposal of food packaging materials, a UK perspective. In "Food packaging preservation. Theory and practice. " ed. M. Mathlouthi Blackie Academic & professional, London.
- Daniels, J. A; Krishnamurthi, R. and Rizvi, S. H. (1985). A review of the effects of carbon dioxide on microbial growth and food quality. *J. Food Port.* 48, 532 - 537.
- Deasy, P. B. (1984). *Microencapsulation and related drug Processes* Marcel Dekker, Inc., NY.
- Feron, V. J., Jetten, J., Kruijf, N. and Berg, F. (1994). Polyethylene terephthalate bottles (PRB's) : A health and safety assessment. *Food Addit. Cantam.* 11, 571 - 594.
- Figge, K. (1996). *Plastics* . In "Migration From contact material", ed. L.L,Katan Blackie Aademic 8 Professional, London.
- Gallman, P. (1995). Migration. In "Technical guide for the packaging of milk and milk products." 3 rd. Ed. bull. IDF 300 , Brussels (Belgium).
- Gennadios, A.; Brandenburg, A. H; Weller, C. L. and Testin, R. F. (1993). Effect of pH on properties of wheat gluten and soy protein isolate films. *J. Agric. Food Chem.* 41, 1835 - 1839.
- Gennadios, A.; Weller, C. L.; Testin, R. F. (1993). Temperature effect of oxygen permeability of edible protein based films. *J. Food Sci.* 58, 212 - 214.
- Guilbert, S. (1986). Technology and application of edible protective films. In "Food packaging preservation. Theory and practice, "ed. M.

Mathlouthi Blackie Academic & Professional, London.

Heasook, K.; Seymour, G. G. and James, B. J. (1989). Determination of potential migrants from rubber gaskets of commercial aerosol valves used in food packaging. *J. Food Sci.* 54, 465 - 467.

Holton, E. E.; Asp, E. H. and Zottola, E. A. (1994). Corn starch containing polyethylene film used as food packaging. *Cereal Foods World.* 39, 237 - 241.

Karel, M. (1975). Protective packaging of foods. chap. 12. In "Principles of food science. part II. physical principles of food preservation" ed. M. Karel; O. R. Fennema; and D. B. Lund. Marcel Dekker Inc., New York and Basel.

Katan, L. L. (1989). Health safety. In "Plastic films." ed. J. H. Briston. 3 rd. Edn. chap. 11. Longman scientific and Technical Essex, England.

Kester, J. J. and Fennema, O. R. (1986). Edible films and coating: A review. *Food Technol.* 40, 47 - 59.

Laermer, S. F.; Young, S. S. and Zambetti, P. F. (1994). Could your packaging use a dose of vitamin E? *Food Process.* 6, 35 - 36.

Lannelongue, M.; Finne, G.; Hanna, M. O.; Nickelson, R. and Vanderzant, G. (1982). Storage characteristics of brown shrimp (*Penaeus aztecus*) stored in retail packages containing CO₂- enriched atmospheres. *J. Food Sci.* 47, 911 - 923.

Linssen, J. P. H.; and Roozen, J. P. (1994). Food flavour and packaging interaction. In "Food packaging and preservation. Theory and practice." ed. M. Mathlouthi. Blackie Academic & professional, London.

Marquis, J. K. (1989). Neurotoxicity of aluminium. *Environmental chemistry and toxicology of aluminium.* *Food Process.* 289 - 298.

Mathlouthi, M. (Ed.) (1994). Food packaging and preservation. Blackie Academic & Professional, London.

- Murphy, P. G.; MacDonald, D. A.; and Lickly, T. D. (1992). Styrene migration from general purpose and high impact polystyrene into food simulating solvents. *Food Chem. Toxicol.* 30, 225 - 232.
- Nielsen, T. J.; Jagerstad, I. M.; Oste, R. E. and Wesslen, B. O. (1992). Comparative absorption of low molecular aroma compounds into commonly used food packaging films. *J. Food Sci.* 57, 490 - 492.
- Olafsson, G.; Jagersted, M.; Oste, R. and Wesslen, B. (1993). Delamination of polyethylene and aluminum foil layers of laminated packaging materials by acetic acid. *J. Food Sci.* 58, 215 - 219.
- Ooraikul, B.; and Stiles, M. E. (1991, ED). *Modified Atmosphere packaging of food.* Ellis Horwood, New York.
- Paine, F. A. (1987). *Modern processing, packaging and distribution systems for food.* Van Nostrand Reinhold Co., New York.
- Paine, F. A. and Paine, H. Y. (1983). *A handbook of food packaging.* Leonard Hill, Glasgow.
- Park, H. J.; Weller, C. L.; Vergano, P. J. and Testin, R. F. (1993). Permeability and mechanical properties of cellulose based edible films. *J. Food sci.* 58, 1361 - 1364.
- Potter, N. N.; and Hotchkiss (1995). *Food science.* 5 th ed. Chapman & Hall, New York.
- Raj, B.; Murthy, R. A. N.; Vijayalaskshmi; N. S.; Indiramma, A. R.; Balasubrahmanyam, N. and Veerraju, P. (1990). Migration studies on some selected commercial plastics packaging materials for food contact applications. *J. Food Sci. Techn.* 27, 323 - 327.
- Rice, J. (1993). Glass still a winner new developments in an old reliable packaging medium. *Food Process.* 5, 120 - 125.
- Rice, J. (1994). What's new in edible films? *Food Process.* 7, 61 - 62.
- Robertson, G. L. (1993). *Food packaging : principle and practice.* Marcel Dekker Inc., New York.
- Rossi, L. (1977). Interlaboratory study of methods for determining global migration of plastic materials in liquids simulating fatty foodstuffs. *J. Assoc. off. Anal. Chem.* 60, 1282 - 1290.

- Sacharow, S. and Griffin, R. C. (1980). "Food Packaging" AVI Publish. Co., INC., Westport, Connecticut.
- Schulte, D. (1989). Aseptic filling of carton packages from the roll. In "Aseptic packaging of food". ed. H. Reuter. Technomic Pub.Co., Inc., Pennsylvania.
- Shorten, D. W. (1982). Polyolefins for food packaging. Food Chem. 8, 109 - 119.
- Smith, J. P.; Ooraikul, B.; Koersen, W. J.; Jackson, E. D. and Lawrence, R. A. (1986). Novel approach to oxygen control in modified atmosphere packaging of bakery products, Food Microbiol. 3, 315-320.
- Smith, J. P.; Ooraikul, B.; Koersen, W. J.; Jackson, E. D. and Lawrence, R. A. (1987). "Shelf life extension of a bakery products using ethanol vapor, "Food Microbiol. 4, 329 - 337.
- Smith, J. P.; Simpson, B.; and Ramaswamy, H. (1992). Packaging. part IV: Modified atmosphere packaging - principles and applications, In "Encyclopedia of food science and technology. "ed. Y. H. Hui, vol. 3. J. Wiley & Sons Inc., New York.
- Syou, Y. H.; Jane, A. B. and Krope, D. H. (1990) Flavor, texture, color, and hexanal and TBA values of frozen cooked beef packaged in modified atmosphere. J. Food. Sci. 55, 26 - 29.
- Turtle, B. I. (1993). Shelf stable foods packaging: options and opportunities. Food Technol Inter. Europe, 217 - 220.
- Walker, d. J. (1992). Food Storage manual. World food programe. reprinted 1994 - Natural Resources Institute, Kent, UK.
- Yam, K. L.; Paik, J. S.; and Lia, C. C. (1992). Packaging. part. I. General considerations. and part. III. Materials. In "Encyclopedia of food science and tehcnology. "ed. Y. H. Hui, vol. 3. J Wiley & Sons Inc.. New York.