والورق المشكل إلى أنابيب أو علب أو صناديق والمغطاة بالشمع وتستخدم بأشكالها وأحجامها المختلفة في التجميد المنزلي أو التجاري. ولإحكام قفل الأنابيب المشكلة يستخدم معها غطاء لولبي أما أشرطة التجميد Freezer tape فتستخدم بنجاح مع معظم العلب وصناديق الكرتون. ويمكن وضع تلك العبوات داخل الثلاجات في وضع مسطح أو على أحد جوانبها مما يعطيها ميزة في احتلالها لمساحة صغيرة داخل الثلاجات.

وأهم ما يجب مراعاته خلال تداول العبوات الورقية المشمعة عدم تعرضها للخدش أو التجريح أو المعاملة الخشنة لان ذلك يزيل جزءاً من الشمع وبالتالي تزيد درجة نفاذية العبوات للماء الساخن مما يؤدي إلى انصهار جزء من الشمع. وعند تخزين الأغذية المجمدة لفترات طويلة لا يوصى باستخدام العبوات الورقية المشمعة لان درجه حمايتها لفقد بخار الماء منخفضة وكذلك أكسدة المنتجات الغذائية بداخلها- كما أن عمليات ثني وتجعيد الورق المشمع يؤدى إلى كسر فلم الشمع وتزيد النفاذية.

وبالرغم من عدم توافر الحماية المثالية للأغذية المجمدة والمعبأة في العبوات الورقية المشمعة إلا أنها تستخدم عند إضافة طبقة من البولي إيثلين لزيادة درجة الحماية وعدم النفاذية، كذلك استخدام الكرتون المطلي بالورنيش بأحد المواد المناسبة والمصممة لتناسب بعض الأغذية يزيد الحماية وعدم النفاذية.

2- **مشتقات السيلولوز** Cellulose derivatives

السيلوفان هو أحد مشتقات السيلولوز وهو المكون الرئيس لجدر الخلايا النباتية ويتم إذابة السيلولوز بأحد المذيبات المناسبة ثم يعاد ترسيبه وتشكيله إلى ألواح. و السيلوفان الخام يعتبر عالي النفاذية لكل من بخار الماء والأكسجين ولا يقبل اللحام الحراري ولكن تغطيته بمواد مانعة لنفاذ الرطوبة والأكسجين يزيد من عدم النفاذية. ويمكن استخدام خليط من الشموع والـ Cellulose nitrate لتغطية أحد أوجه فلم السيلولوز أو كلا الوجهين ويمكن استخدام بعض المواد الورنيشية Lacquer لإضافة بعض المميزات على السيلوفان مثل مقاومته للبلل أو جعله قابلاً للحام الحراري. ويمكن استخدام أفلام السيلولوز بعد التعديلات السابقة في حفظ الأغذية السائلة داخل الثلاجات بصورة جيده. وقد تعطى بعض منتجات السيلولوز حروفاً معينة للدلالة على خصائصها مثل حرف M وهو يدل على أن السيلولوز مقاوم لنفاذ بخار الماء Moisture vapor proof.

ويعتبر السيلوفان مادة جذابة للاستخدام مع الأغذية المجففة نظرا لشفافيته العالية وإمكان ميكنته إلا أنه سهل التثقيب ويمكن أن يستخدم كغلاف تغطية أكثر من استخدامه كمادة تعبئة ويمكن استخدامه كمادة تعبئة لأجزاء اللحوم المفصولة إذا كانت ذات سمك كبير.

3- **البلاستيك** Plastics

تستخدم المواد البلاستيكية بدرجة كبيرة في أشكال مختلفة (أفلام أو عبوات مرنة أو نصف صلبة) لتعبئة المواد الغذائية المجمدة. ينتج البلاستيك من بلمرة Polymerization عدد كبير لجزئيات الكربون قد تصل في بعض الأحيان إلى 2000 جزء من الإيثلين (CH2 = CH2) ليعطي الـ Polyethylene .

خصائص البلاستيك الناتج تتحدد حسب عدد جزئيات الكربون المتجمعة معا مثل درجة الانصهار، ودرجة النفاذية للغازات المختلفة،وسهولة أو صعوبة تداولها ويمكن تحسين خصائص البلاستيك بإضافة بعض المواد المختلفة لزيادة درجة المقاومة للماء أو النفاية لبعض الغازات كما يمكن استخدام نوعين أو أكثر من المواد البلاستيكية معا أو اشتراكها مع مواد أخرى لتحسين خصائصه.

خصائص الأنواع المختلفة للبلاستيك الشائعة الاستعمال يمكن ذكرها فيما يلي:

1- البولي إيثلين Polyethylene

البولي إيثلين الناتج من تجميع الإيثلين تحت ضغط عال ودرجة حرارة عالية يكون منخفض الكثافة غير منفذ للماء وبخار الماء ومرناً على درجة الحرارة المنخفضة ولا يتأثر بالأحماض والقلويات الضعيفة، إلا أنه ضعيفاً كعائق لمرور الأكسجين وبعض الزيوت الطيارة.

والبولي إيثلين ذو الكثافة المنخفضة يستخدم بدرجة كبيرة في الثلاجات المنزلية أو التجارية ويكون في صورة أكياس أو رقائق.Sheet. أقل سمك يمكن أن يوفر الحماية الكافية خلال الحفظ بالتجميد فترات قصيرة لا يقل عن 0.3 ملليمتر ومن مميزات البولي إيثلين المنخفضة الكثافة أنه يقبل اللحام الحراري على ماكينات القفل أو قد يستخدم معه بنجاح كل من شرائط القفل أو السلك المعدني Wire ties and freezer tape ويصعب الكتابة على البولي إيثلين لذلك يجهز بالـ Label خاص للكتابة عليه.

أما البولي إيثلين العالي الكثافة أكثر صلابة وأكثر مقاومة للتحمل الميكانيكي وأكثر مقاومة لنفاذية الغازات وبخار الماء. ويستخدم في صورة أنسجة غير شفافة ناعمة قويه ومن مميزاتها أنه يمكن فصلها بسهولة عن المادة الغذائية المجمدة دون الحاجة إلى إجراء انصهار كما أن تلك العبوات تتحمل درجات التجميد داخل الثلاجات. ويستخدم البولي إيثلين العالي الكثافة ذو السمك الكبير المعروف باسم Thickergauge لإنتاج العبوات المعروفة بالـ Boil in the bag والتي تتحمل الغمر في الماء المغلي وكذلك تتحمل درجات حرارة التجميد. وتعتبر العبوات المشكلة من البولي إيثلين العالي الكثافة أكثر كفاءة لحماية محتويات المادة الغذائية أكثر من المنخفضة الكثافة ولذلك يكون أكثر استخداما في الثلاجات

التجارية.ويستخدم البولي إيثلين العالي الكثافة في صناعة عبوات نصف صلبة Semi- rigid containers ذات ألوان مختلفة وتصلح للحفظ داخل الثلاجات وتوفر حماية عالية للأغذية.

2- البولي بروبلين Polypropylene

ينتج من بلمرة الـ Propylene وهو مشابه للبولي إيثلين ولكن يتميز عنه بأنه أكثر صلابة وأكثر مقاومة لنفاذية بخار الماء وله درجه انصهار عالية ويمكن قفله حراريا وله نفس القدرة على نفاذية الأكسجين ويستخدم لإنتاج عبوات Boil in the bag ويستخدم لحفظ المنتجات المطبوخة بالتجميد.

3- البولي فينايل كلوريد Polyvinylchloride (PVC)

ينتج من بلمرة Vinylchloride في صورة أفلام رقيقة شفافة وقد يضاف إليها بعض المواد لزيادة درجة الحماية للمواد الغذائية والأفلام الرفيعة ينصح باستخدامها لحفظ الأغذية تحت تجميد لفترات طويلة لأنها تسمح بمرور الأكسجين.

4- البولي فينايل كلوريد والبولي فينايلدين كلوريد Polyvinylchloride + polyvinyledinechloride (PVC + PVDC)

يستخدم كل من PVC مع PVDC لإنتاج نوع من الأغلفة يسمى باسم Cryrap وصفات هذا النوع تتوقف على حسب الكميات المضافة من كلا المادتين معا، وهو مانع لنفاذ بخار الماء والأكسجين وقابل للحام الحراري وينكمش على 70 °م ويستخدم لتعبئة الدواجن المجمدة حيث بعد التعبئة في الأكياس يتم التخلص من الهواء بالتفريغ قبل القفل باستخدام المشبك المعدني Metal clip ثم تغمر الأكياس في الماء الساخن لفترة قصيرة حيث تؤدي تلك المعاملة إلى انكماش الفلم حول الطيور ليلتحم معها، وهذه المنتجات لا تتعرض لعمليات الأكسدة خلال الحفظ بالتجميد لفترات طويلة.

5- البولي أميد Polyamide

الاسم الشائع للبولي أميد هو النايلون، ونايلون 6/ 6 ينتج من تكثيف Dicarboxylic acid مع Hexamethylene diamine. وتوجد أنواع أخرى من النايلون تسمى 11 كذلك Rilsan وهي ملائمة أكثر لتخزين المنتجات المجمدة أكثر من نايلون 6/ 6. النايلون العادي (6/ 6) غير فعال كعائق لحجز بخار الماء ولكنه منخفضة النفاذية للأوكسجين ومعظم الغازات والروائح وله درجة عالية من الوضوح. ويمكن قفله حراريا ويستخدم لإنتاج Boil in the bag المعروفة باسم Sreppik أيضا يمكن استخدامه لصناعة الرقائق المختلفة Laminates كمادة حامية للمنتجات المجمدة. ويمكن تحسين صفات النايلون (6/6) ليصبح مقاوماً للحرارة وذلك بإضافة بعض المواد وبالتالي إنتاج عبوات تعرف باسم Roast or cook bags.. ويعتبر النايلون (6/6) غير مناسب للحفظ في الثلاجات المنزلية أو التجارية وذلك لأنه يصبح هشاً على درجات الحرارة المنخفضة.

6- البولي استر Polyester

ينتج من بلمرة مجموعة من المركبات من Dimethyl terephthalate and ethylene glycol أو من Dicarboxylic acid polyalcohol + والفلم الناتج منه شفاف، ومطاط، وقوى، ومنخفض النفاذية لبخار الماء ومعظم الغازات ولكن ليس من السهل لحامه حراريا،وله درجه ليونة عالية وعلى درجات التجميد يصبح الفلم هشاً سهل الثني ويمكن التغلب على هذا العيب عن طريق استخدامها في عمل الرقائق Laminates مع البولي إيثلين (بولي إيثلين + بولي استر) وهي شائعة الاستخدام على المستوى التجاري.

4- لفائف وعبوات الألمنيوم Aluminum

الألمنيوم النقي يشكل في صورة ألواح بسمك 0.3مليمتر أو أكثر وهى غير منفذة تماما لبخار الماء والغازات المختلفة وتستخدم لصناعة عبوات لحفظ وتخزين الأغذية بالتجميد. وإذا استخدم سمك أقل من السابق ذكره يزيد عدد الثقوب والمسام مما يؤدي إلى خفض درجه الحماية للمادة الغذائية كما تقلل القوة ويكون أسهل في التثقيب خلال التصنيع. ومعظم ألواح الألمنيوم والتي بسمك أقل من 0.18 مليمتر لا تصلح للاستخدام في الثلاجات إلا إذا أضيف إليها أحد المواد لزيادة مقدرتها على الحماية الكافية وتجعلها محكمة القفل.

ألواح الألمنيوم غير قابلة للحام الحراري وبالتالي تصنع مع مواد قابلة للحام الحراري أو قد تثنى حواف العلب بطريقة خاصة لجعلها محكمة النفاذية Air tight ضد الهواء الجوى. عبوات الألمنيوم المستخدمة للحفظ داخل الثلاجات لها أشكال وأحجام مختلفة وتكون بسمك 0.03- 0.1 مليمتر والألمونيوم لا يتحمل الأحماض الضعيفة ويصبح رديئاً مع الأغذية الحامضة القوية كما أنه لا يتحمل التركيزات العالية من الملح حيث يؤدي الملح إلى صدأ وتآكل الألمونيوم وبالتالي لا يستعمل مع الأغذية المحتوية على تركيز عال من الملح. ويمكن التغلب على تلك المشاكل بتغطية الألمونيوم بمادة ورنيشية أو بلاستيك أو بولي فنيل لاستخدامه مع عديد من الأغذية المجمدة.

5- الرقائق Laminates

وهى المواد التي تنتج باشتراك مادتين أو أكثر من المواد السابق ذكرها للحصول على عبوة ذات مواصفات جيدة تلائم مواد غذائية معينة للحفظ بالتجميد ومن تلك المواد السيلوفان المغطى بالمواد الورنيشية أو الكرتون المغطى بالشمع. ويتم إنتاج الرقائق بإحدى الطرق الآتية:

1- باللصق Adhesive lamination

وطريقة اللصق هي أكثر الطرق استخداما لإنتاج الرقائق وأهم ما يجب أخذه في الاعتبار هو اختيار مادة لاصقة مناسبة والمواد المستخدمة لابد أن تكون غير سامة وليس لها رائحة مؤثرة على درجات الحرارة المنخفضة وتزيد من قابلية الرقائق للتشكيل.

2- بالانبثاق Extrusion lamination

ويكون اتصال المواد المكونة للرقائق عن طريق جزئيات من المواد المستخدمة ولكي تنجح تلك الطريقة لابد أن تكون المادتان متوافقتين مع بعضهما.

والبولي إيثلين من أحسن المواد الممكن استخدامها مع الورق أو الورق المشكل أو الألمونيوم أو السيلولوز لإنتاج الرقائق عن طريق انبثاق جزئيات كل من المواد المستخدمة معا وبذلك تكون الرقائق الناتجة أكثر فاعليه في منع مرور الغازات و أبخرة الهواء وقابليتها للحام الحراري. ومن أحسن الرقائق المنتجة تجاريا هي التي تتكون منPolyester + aluminum + polyethylene حيث أن الأخير يضيف صلابة للعبوة الناتجة والمواد الوسيطة مانعة لنفاذ الأبخرة والغازات والأولى قابلة للحام الحراري.

الاختيار الأمثل لمواد التعبئة والتغليف Choosing the right packaging material

أهم ما يؤخذ في الاعتبار عند اختيار مواد التعبئة والتغليف التي تصلح للحفظ داخل الثلاجات هي:

1- **اقتصاديات مساحة الثلاجة** Economy of freezer space

يجب اختيار المواد التي تأخذ أقل حيز ممكن داخل الثلاجات وتستوعب أكبر كمية ممكنة من المواد الغذائية ويجب أن تكون المسافة بين العبوات وبعضها أقل ما يمكن ويتم ذلك عن طريق التحكم في أشكال العبوات حيث أن الأشكال المستطيلة توفر 25٪ من المساحة عن الأشكال الدائرية

2- **مناسبة لنوع الأغذية المخزنة** Suitability for food stored

من المهم اختيار النوع المناسب من مواد التعبئة والتغليف المناسب لنوع المادة الغذائية المخزنة سواء صلبة (لحوم –أو أسماك- أو دواجن) أو سائله (عصائر-أو مشروبات غازية). فالعديد من الأغذية السابقة التجهيز تجمد في صوان أو أطباق ألمنيوم فويل ثم يعاد تعبئتها وهى مجمده وتغلف وتحفظ في صناديق كبيرة لحين توزيعها في صورة مجمدة. بعض المواد الغذائية يناسبها أفلام مرنة والبعض الآخر يناسبه عبوات نصف صلبة أو صلبة ويتوقف الاختيار أيضا على طبيعة العمليات التي تجرى للمادة الغذائية قبل تعبئتها.