الفصل الرابع

حفظ الأغذية باستخدام درجات الحرارة المنخفضة
(التبريد - التجميد)

الدكتور محمود على بخيت

الفصل الرابع

حفظ الأغذية باستخدام درجات الحرارة المنخفضة
(التبريد - التجميد)

مقدمة:

يعتمد حفظ الأغذية بالتبريد أو التجميد على خفض درجة حرارة الغذاء إلى الحد الذي يجعل النمو الميكروبي وكذلك التفاعلات الكيميائية والحيوية أقل ما يمكن. وفي حالة التبريد يتم تخزين الغذاء على درجات حرارة أعلى من الصفر حيث تتراوح بين 4.5 - 7°م كما في حالة الثلاجات المنزلية وتقل عن ذلك في حالة المبردات التجارية وفي كل الأحوال لا تصل درجة حرارة الغذاء إلى نقطة التجمد وجدير بالذكر أن الماء النقي يتجمد على درجة صفر° م بينما الماء الموجود في معظم الأغذية لا يبدأ في التجمد إلا على درجة - 2° م أو أقل وتعمل عملية التبريد على حفظ الأغذية سريعة الفساد من عدة أيام إلى أسابيع حسب نوع الغذاء وفي حالة التجميد فإن الغذاء المجمد يتم تخزينه على درجات حرارة تصل إلى - 18° م أو أقل وتصل مدة الحفظ إلى شهور أو سنوات تحت ظروف التعبئة الجيدة.

ومعظم الأحياء الدقيقة تنمو بسرعة على درجات حرارة أعلى من 10° م وبعضها ينمو على درجات أقل من صفر° م طالما وجد في بيئة النمو بعض الماء على صورة غير مجمدة وحتى وقت قريب كان الاعتقاد السائد أن الغذاء المبرد تبريداً مناسباً يكون آمناً من الناحية الصحية لعدم قدرة الميكروبات المرضية على النشاط والنمو وهذا حقيقي بالنسبة لمعظم الأحياء الدقيقة ولكن في السنوات الحديثة تم الكشف عن بعض الأحياء الدقيقة المنتجة للسموم في الأغذية والتي يمكنها النمو ببطء على درجات حرارة منخفضة تصل إلى 3.3° م وعرفت باسم Cold tolerant disease causing وهو يعني الميكروبات المسببة للمرض ذات القدرة على تحمل البرودة وهكذا فإن الغذاء المحفوظ بالتبريد لا يفترض فيه دائماً أنه آمن الاستخدام. وبالنسبة للتجميد فقد وجد أنه لا يوجد نمو جوهري أو محسوس للأحياء

الدقيقة على درجات حرارة أقل من – 9.5° م كما أنه يحدث نقص تدريجي في الأعداد الحية ولكن لا يتحقق القضاء الكامل على الأحياء الدقيقة وبالتالى عند صهر الغذاء يحدث نمو سريع وتزايد للأعداد ومن ثم امكانية حدوث الفساد.

اولاً: حفظ الأغذية بالتبريد:

كما سبق وذكرنا فإن تبريد الأغذية يعتبر طريقة حفظ مؤقتة تتيح للغذاء أن يظل محتفظاً بجودته وخصائصه لمدد تتراوح بين عدة أيام إلى عدة أسابيع. تبريد الأغذية سريعة الفساد لابد أن يبدأ من وقت الحصاد أو الذبح أو الصيد ويستمر أثناء النقل والتداول والتخزين والعرض حتى وقت الاستخدام النهائي وهذا ليس فقط للحد من الفساد الميكروبي وإنما أيضاً لتقليل التغيرات العكسية في صفات الجودة مثل الطعم والرائحة والقوام وكذلك القيمة الغذائية حيث أن تأخير عملية التبريد بعد الحصاد أو الذبح أو الصيد ولو لعدة ساعات قليلة يكون كافياً لحدوث فساد واضح في الغذاء ويكون ذلك ملموساً بدرجة كبيرة مع الفاكهة والخضروات التي تنشط فيها عملية التمثيل الغذائي وما يتبع ذلك من انتاج الطاقة وكذلك عملية التنفس والتفاعلات التي تحدث في بعض الأغذية وتؤدي إلى تحول بعض المواد من صورة إلى أخرى مثل الفقد الذي يحدث في درجة الحلاوة للذرة السكرية والتي يحدث فيها فقد يصل إلى 10٪ من محتواها السكري فى يوم واحد على درجة صفر° م وعلى نفس درجة الحرارة يصل الفقد إلى 20٪ في أربعة أيام بينما على درجة 20° م يصل الفقد إلى 25٪ في يوم واحد وتزيد النسبة عن ذلك في الجو الحار. ولهذا كله لابد من أن يبدأ التبريد في الحقل من وقت الحصاد حيث توجد أجهزة خاصة لذلك مثل جهاز الـ Portable hydro - cooler وفيه تتعرض الثمار لرذاذ من الماء البارد المحتوى على مادة مطهرة لتثبيط الأحياء الدقيقة الموجودة على السطح وذلك بمجرد قطفها ثم تنقل الثمار باستخدام شاحنات مزودة بوسيلة تبريد مناسبة حتى تصل إلى مكان التخزين المبرد أيضاً وكذلك المتجر أو مكان عرضها للاستهلاك ويجب ملاحظة أن التبريد هو عملية سحب للحرارة من كتلة الثمار ولكي يكون التبريد سريعاً لابد من تجزئة الكميات الكبيرة حتى لا يتسبب طول الوقت في فساد الثمار الموجودة في داخل الكتلة قبل أن يتم تبريدها أو وصولها لدرجة الحرارة المناسبة. ولذلك قد يتم رش الخضروات الورقية برذاذ من الماء ثم إحداث تفريغ

داخل حجرة التبريد مما يساعد على سرعة تبخر الماء وبالتالي يتحقق التبريد السريع وبالنسبة للأغذية السائلة فإنه يمكن تبريدها بسرعة باستخدام المبادلات الحرارية.

هذا وتعتمد كفاءة عملية التبريد على التحكم في ذبذبات درجة الحرارة والتحكم في حركة الهواء والرطوبة النسبية داخل غرف التبريد بالإضافة إلى التحكم في نوعية الغازات في جو التخزين مثل احلال غاز النيتروجين البارد الناتج من تبخير النتروجين السائل.

وفيما يختص بجودة الأغذية المبردة فمن الممكن أن نفترض أن الفاكهة والخضروات الطازجة المبردة في المنزل تحت ظروف تبريد مناسبة ذات درجة جودة وقيمة غذائية عالية ولكن في حالة التبريد على نطاق تجاري سواء كان ذلك على نطاق كبير أو على مستوى محلات البقاله الكبرى فإن الأمر قد يختلف حيث أننا لا نستطيع أن نفترض في هذه الحالة أن عمليات تداول المحصول بدءاً من حصاده وحتى وصوله إلى أماكن البيع قد تمت بالعناية الكافية وبالتالى يمكن حدوث بعض الفقد في القيمة الغذائية أو صفات الجودة بالإضافة إلى ذلك فإن عملية التبريد نفسها قد لا تتم بالطريقة الملائمة ولهذا فإن الأمر يتطلب تواجد رقابة قانونية أو تشريعات منظمة لحيازة الأغذية المبردة حتى يمكن المحافظة على جودة الغذاء وتوصيله إلى المستهلك في أفضل حالة ممكنة.

تبريد اللحوم:

تعتبر اللحوم من الأغذية سريعة الفساد ولهذا يجب تبريدها بعد الذبح مباشرة وأسرع أنواع اللحوم قابلية للتلف والفساد هو اللحم البقري الصغير (البتلو) ويمكن حفظه بالتبريد لبضعة أيام فقط ويليه لحم الخنزير ولحم الضأن حيث يمكن حفظهما بالتبريد لمدة أسبوعين ويلي ذلك اللحم البقري الكبير حيث يمكن حفظه بالتبريد لمدة تزيد عن الشهر أما الأنسجة الغدية مثل الكبد والكلاوي والمخ فإنها لا تحفظ بالتبريد وإنما يتم حفظها بالتجميد. وأنسب درجة حرارة لتبريد اللحوم هي صفر درجة مئوية (32° ف) على أن لا يتعدى التفاوت في درجة الحرارة ± 0.5° م حيث أن زيادة درجة الحرارة عن ذلك ولو لدرجة واحدة قد يؤدي إلى نمو الفطريات على سطح اللحوم ويلاحظ أن اللحوم تتعرض لفقد في الوزن أثناء فترة التبريد تصل نسبته إلى حوالي 1.5 – 2.5٪ نتيجة تبخر جزء من رطوبتها ولهذا لابد أن تكون الرطوبة النسبية في جو التخزين 90٪ على الأقل وذلك لتقليل الفقد في الوزن. ويفضل أن تستخدم غرف منفصلة لتبريد اللحوم ثم تنقل بعد ذلك إلى غرف التخزين حيث

أن استخدام غرفة واحدة للتبريد والتخزين يؤدي إلى حدوث تقلبات مستمرة في درجة الحرارة نتيجة دخول وخروج اللحوم بصفة مستمرة. هذا ويمكن تزويد غرف تبريد اللحوم وكذلك غرف التخزين بمصابيح الأشعة فوق البنفسجية لتساعد على منع نمو الأحياء الدقيقة المحبة للبرودة وخاصة الفطريات.

ومن ناحية أخرى يمكن زيادة مدة حفظ اللحوم بالتبريد عن طريق خفض درجة الحرارة إلى – 1° م كما أن إضافة غاز ثاني أكسيد الكربون إلى جو التخزين بنسبة 10 – 15 ٪ يؤدى أيضاً إلى نفس الغرض وكلما زاد تركيز الغاز تزداد مدة الحفظ ولكن هذا قد يتبعه حدوث تلون بني للحوم بسبب تحول صبغة الهيموجلوبين إلى ميتاهيموجلوبين. هذا وقد وجد أن ظروف ذبح الحيوان تؤثر على جودة اللحم المبرد حيث أن الحيوانات التى تكون في حالة راحة عند ذبحها تكون محتفظة بالجليكوجين في عضلاتها وبعد الذبح يتحول الجليكوجين إلى حمض اللاكتيك وهو يعتبر ذو تأثير حافظ ويحسن من جودة اللحم أثناء حفظه بالتبريد وعلى العكس من ذلك فإن الحيوانات التي تتعرض للتهيج قبل الذبح تستهلك معظم الجليكوجين المخزن ولا يتبقى إلا القليل الذي يمكن أن يتحول إلى حامض لاكتيك ولهذا تقل درجة احتفاظها بجودتها.

تبريد الأسماك:

تبريد الأسماك لا يتم بغرض حفظها وإنما فقط للمحافظة على خصائصها وجودتها خلال فترة نقلها من أماكن الصيد إلى أماكن التسويق أو التصنيع وإذا زادت فترة التبريد عن اللازم فإن ذلك يسبب ليونة لحم السمك وتغير لون جلده وظهور رائحة غير مرغوبة. هذا ويفضل استخدام الثلج المجروش الناعم في عملية التبريد عن استخدام الثلاجات حيث تزداد سرعة التبريد في الحالة الأولى والغرض من جرش الثلج وتنعيمه هو تجنب حدوث أى خدوش في أنسجة السمك حيث أن حدوثها يساعد على سرعة التلف والنسبة المثلى اللازم إضافتها من الثلج إلى الأسماك هي (1) ثلج: (2) سمك ويمكن رفعها إلى 1 : 1 في الأجواء الحارة ويوضع الثلج في طبقات متبادلة مع السمك على أن تكون الطبقة الأولى والأخيرة من الثلج وقد يضاف إلى الماء المستخدم في صناعة الثلج بعض المواد المطهرة مثل الكلور أو البنسلين.

تبريد الخضر والفاكهة:

الخضر والفاكهة المعدة للحفظ بالتبريد يجب أن تكون سليمة وخالية من الجروح والخدوش والعطب وأن تكون تامة النضج حيث أن الخضر والفاكهة الغضة تتعرض للانكماش ويتكون فيها طعم غير مقبول عند تخزينها في جو مبرد. هذا وتختلف مدة الحفظ بالنسبة للأنواع المختلفة من الخضر والفاكهة كما أنها تختلف بالنسبة للأصناف داخل النوع الواحد وقد وجد أيضاً أن ظروف النمو تؤثر أيضاً على درجة الحرارة المثلى للتبريد فمثلاً الجريب فروت المزروع في ولاية فلوريدا الأمريكية يحفظ بطريقة جيدة على صفر° م بينما الجريب فروت المزروع في ولاية تكساس يحفظ جيداً على 11° م ونظراً لأن الفاكهة والخضروات أنسجة حية فإن درجة حرارة التبريد إذا انخفضت عن اللازم فإنها قد تسبب تلف تبريدي Chill injury لها نتيجة التأثير على بعض الأنشطة الفسيولوجية فمثلاً في حالة الموز والطماطم نجد أن درجة الحرارة أقل من 55°ف تقلل من نشاط بعض الأنزيمات المسئولة عن عملية الانضاج الطبيعية مما يؤثر على عملية النضج ويحدث فقد في اللون وعند حفظ البطاطس بالتبريد بهدف استهلاكها كغذاء فإن الدرجة المثلى تكون في حدود 50 – 60° ف لأن درجات الحرارة الأقل من ذلك (32 – 35° ف) تؤدي إلى تحلل جزء من محتواها من المواد النشوية إلى سكريات وتكتسب اللون البني عند طبخها ولكن لابد من مراعاة عدم حدوث إنبات للبطاطس على درجات حرارة التبريد المرتفعة ولهذا قد يستخدم التشعيع بجرعات منخفضة (5 – 10 كيلو راد) لتثبيط عملية الانبات. أما في حالة تخزين البطاطس بغرض استخدامها كتقاوي فإن ذلك يتم في الفترة من أول يوليو حتى آخر سبتمبر ودرجة الحرارة المثلى للتخزين هى 40° ف والرطوبة النسبية 85 – 90٪ حيث تبقى في حالة سكون لمدة 6 – 9 شهور حسب الأصناف المختلفة. وعموماً لابد أن يتم فرز البطاطس قبل تخزينها في الحالتين واستبعاد الثمار المجروحة أو المتعفنة أو المتشققة ولابد من التحكم جيداً في درجات الحرارة والرطوبة النسبية حيث أن التذبذب بين الانخفاض والارتفاع يؤدى إلى أضرار كثيرة ويعرض البطاطس للفساد والإصابة بالفطريات والفقد في الوزن والانبات أو التزريع. والجدول (9) يوضح درجات الحرارة والرطوبة النسبية المناسبة لحفظ بعض الخضر والفاكهة بالتبريد وكذلك مدة الحفظ.

جدول (9): درجات الحرارة والرطوبة النسبية المناسبة لحفظ الأغذية بالتبريد

المنتج	درجة الحرارة (°ف)	الرطوبة النسبية (٪)	مدة الحفظ
التفاح	31 – 30	90 – 85	5 – 2 شهور
المشمش	32 – 31	90 – 85	2 – 1 أسبوع
المانجو	52 – 50	90 – 85	3 – 2 أسبوع
الموز الناضج	60 – 53	90 – 85	3 – 1 أسبوع
الموز الأخضر	70 – 62	95 – 90	أسبوع
العنب	32 – 31	90 – 85	6 – 3 شهور
التين	32 – 31	90 – 85	10 أيام
الكمثرى	48 – 37	90 – 85	2 – 1 شهر
البرتقال	37 – 35	90 – 85	10 – 8 أسبوع
الليمون الاضاليا	55 – 50	90 – 85	4 – 1 شهور
الليمون البلدى	50 – 48	90 – 85	8 – 6 أسبوع
الجزر (بالعرش)	32	95 – 90	5 – 4 شهور
الجزر (بدون عرش)	32	95 – 90	14 – 10 يوم
البسلة الخضراء	45	90 – 85	10 – 8 أيام
الفاصوليا	50 – 45	90 – 85	10 – 8 أيام
السبانخ	32	95 – 90	14 – 10 يوم
الخرشوف	32 – 31	95 – 85	شهر
الكرنب	32	95 – 90	6 – 3 أسابيع
الخيار	50 – 45	95 – 85	3 – 2 أسبوع
البنجر (بالعرش)	32	95 – 90	3 – 1 شهر
البنجر (بدون عرش)	32	95 – 90	14 – 10 يوم
البطاطس (تقاوي)	40 – 38	90 – 85	9 – 6 شهور
الطماطم الناضجة	50 – 40	90 – 85	10 – 7 أيام
الطماطم الخضراء	70 – 55	85 – 80	5 – 3 أسابيع

ويجب أن يراعي فى العبوات المستخدمة في تعبئة الفاكهة والخضروات أن تكون منفذة للأكسجين بدرجة قليلة حيث أن أنسجة الفاكهة والخضروات تظل حية أثناء التبريد ولذلك فهي تتنفس أي تمتص الأكسجين وتطرد ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء وتستخدم هذا الأكسجين في انتاج الطاقة من خلال استهلاك النشا المخزون بها وإذا زادت كمية الأكسجين عن اللازم يزداد استهلاك النشا وتقل فترة الحفظ وإذا انخفض مستوى الأكسجين عن اللازم فإن هذا يؤدى إلى تحلل الأنسجة وإنتاج الكحولات والأحماض وتكتسب الأنسجة قواماً عجينياً.

وبصفة عامة لابد من توافر الاشتراطات الصحية في أماكن التبريد حيث أن ذلك يعتبر ضرورياً ليس فقط بالنسبة للمستهلك وإنما أيضاً بالنسبة للمنتج حيث أن ذلك يساعد على حماية الخامات من التلف أو الفساد بواسطة الإصابات الحشرية أو الحيوانية أو الميكروبية وهذا يوضح أهمية عمليات الفرز والنقع والغسيل أثناء عملية الإعداد والتجهيز ومن الأفضل أن يتم تبريد كل نوع من الأغذية بمفرده ولكن في كثير من الأحيان لا يكون هذا مناسباً من الناحية الإقتصادية ولهذا قد يحدث تبادل للنكهات بين بعض الأغذية فمثلاً الزبد واللبن يمكنهما امتصاص الروائح الناتجة من السمك والفاكهة كذلك البيض يمتص الرائحة من البصل ولذلك يفضل أن يتم تخزين الأغذية ذات الروائح النفاذة منفصلة عن بعضها.

ومن أهم التغيرات الممكن حدوثها في الأغذية المحفوظة بالتبريد حدوث بعض الفقد في صلابة أنسجة الفاكهة والخضروات وتغيرات في لون اللحوم الحمراء وتحلل وأكسدة الدهون وليونة أنسجة السمك وتكون تكتلات وتجمعات في الأغذية المسحوقية وحدوث تجلد في الخبز والكيك نتيجة زيادة معدل ترسيب النشا وكذلك بعض الفقد في الفيتامينات خاصة في حامض الأسكوربيك والثيامين بالاضافة إلى تبخر الرطوبة خاصة من اللحوم والجبن المحفوظ بدون تغليف جيد أو محكم .

ثانياً: الحفظ بالتجميد:

كما سبق وذكرنا فإن عملية الحفظ بالتبريد على درجات الحرارة في المدى 5 – 8°م تعتبر وسيلة حفظ مؤقتة ولإطالة فترة الحفظ لمدد طويلة فإن ذلك يتطلب خفض درجة الحرارة إلى الحد الذي يؤدي إلى تجمد محتوى الغذاء من الماء وهكذا يصبح الوسط غير ملائم لنمو الأحياء الدقيقة أو حدوث التفاعلات الكيميائية أو النشاط الإنزيمي. فيما يخص

الأحياء الدقيقة فإنه يلزم لوقف نشاطها خفض درجة الحرارة إلى – 10° م بينما يتطلب وقف النشاط الانزيمي خفض درجة الحرارة إلى – 18° م وهذا قد يتوفر إلى حد ما في المجمدات المنزلية Deep freezers ولكن عند التجميد على نطاق تجاري يتم خفض درجة الحرارة إلى – 29° م حتى يمكن الحصول على أغذية مجمدة بدرجة جودة عالية وإطالة مدة الحفظ ولكن رغم الوصول إلى هذه الدرجات المنخفضة يتبقى جزء من الماء (حوالي 10 ٪) دون أن يتجمد وبالتالي يمكن للتفاعلات الكيميائية أن تحدث ولكن ببطء شديد وهكذا تتأثر جودة الغذاء بمرور الوقت.

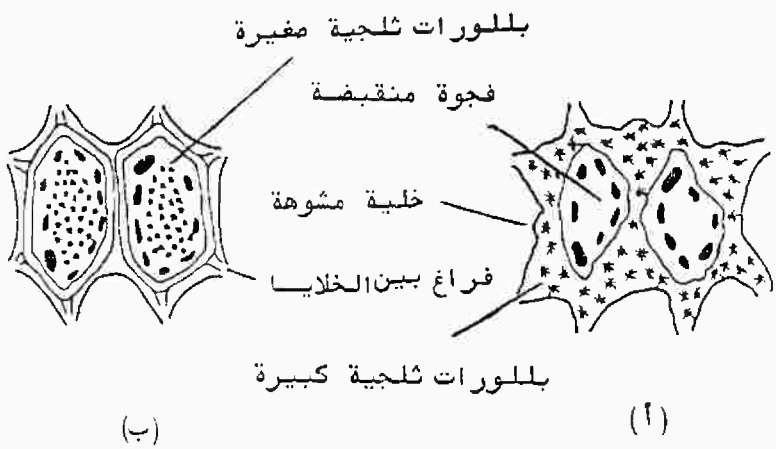
ومعظم الأغذية الطازجة تحتوى على أكثر من 60 ٪ ماء وبعض هذا الماء يعرف بالماء المرتبط حيث يرتبط بدرجات قوة مختلفة بمكونات الخلايا والباقي يعرف بالماء الحر ونسبة الماء المرتبط في الخلايا النباتية تصل إلى حوالى 6 ٪ بينما تصل هذه النسبة إلى حوالي 12 ٪ في الخلايا الحيوانية والماء الحر النقي كما هو معروف يتجمد على درجة الصفر المئوي بينما الماء الحر في الأغذية يحتاج إلى درجات حرارة أكثر انخفاضاً نظراً لأن المواد الصلبة الذائبة فيه مثل السكريات والأملاح والأحماض العضوية تؤدى إلى خفض نقطة تجمد هذا الماء وكلما زاد تركيز المواد الذائبة كلما انخفضت نقطة التجمد وهذا يحدث أثناء عملية التجميد حيث كلما تجمد قدر من الماء فإن المحلول المتبقي يصبح أكثر تركيزاً وبالتالي تنخفض درجة الحرارة اللازمة للتجمد وهكذا فمثلاً عند تجميد البسلة نجد أن 64 ٪ من الماء الحر يتجمد على – 5° م بينما يتجمد 86 ٪ منه على – 15° م و 92 ٪ منه على – 30° م.

ونظراً لاختلاف الأغذية في محتواها المائي من حيث الكمية الكلية وكمية الماء الحر والماء المرتبط وكذلك الاختلاف في محتواها من المواد الصلبة الذائبة فإن لكل نوع من الأغذية درجة تجمد ابتدائية خاصة به ويتطلب وقتاً مختلفاً للوصول إلى الحالة المجمدة وحتى في النوع الواحد قد يؤدي اختلاف ظروف الزراعة والنمو إلى اختلاف التركيب الكيميائي وبالتالي اختلاف نقطة التجمد.

ومما سبق يتضح لنا أن الغذاء لا يتجمد بطريقة متجانسة ولا يتغير فجأة من الحالة السائلة إلى المجمدة فمثلاً عند تجميد غذاء مثل اللبن فإن الجزء الملاصق لجدران العبوة يتجمد أولاً والبللورات المتكونة أولاً تكون عبارة عن ماء نقي ومع استمرار تجمد الماء يصبح اللبن أكثر تركيزاً في محتواه من المعادن والسكريات والبروتين والدهون وبالتالي يحتاج إلى

درجة حرارة أكثر انخفاضاً ومع استمرار تجمد الماء يزداد التركيز وتزداد الحاجة إلى خفض درجة الحرارة وهكذا وقد يظل المركز سائلاً دون أن يتجمد إلا إذا تم خفض درجة الحرارة بدرجة كافية.

ولكن لابد أن نعرف أن جودة الغذاء المجمد لا تتوقف فقط على انخفاض درجة حرارة التجميد وإنما أيضاً وبدرجة كبيرة على سرعة هذا الخفض وهو ما يسمى بمعدل التجميد Freezing rate وكلما زادت سرعة التجميد أمكن الحصول على منتجات مجمدة بدرجات جودة أفضل حيث أن الخلايا النباتية تحتوي على فجوات واسعة نسبياً وهذه الفجوات تحتوي على معظم كمية الماء الحر وعند إجراء عملية التجميد بمعدل سريع تتكون بللورات ثلجية صغيرة داخل الفجوات وبالتالي لا يتأثر التركيب الخلوي ولا يحدث أي تحطيم لجدر الخلايا ولكن إذا اجريت عملية التجميد بمعدل بطيء فإن هذه البللورات الثلجية تأخذ وقتا كافياً للنمو وتزداد في حجمها مما يؤدى إلى تحطيم جدر الخلايا وخروج ما بها من سوائل ونفس الأمر يحدث في الخلايا الحيوانية التي تحتوي على فجوات مماثلة والشكل (27) يوضح تأثير معدل التجميد على الخلية النباتية.



(شكل 27)

(أ) الخلية النباتية بعد التجميد البطيء.

(ب) الخلية النباتية بعد التجميد السريع.

خطوات صناعة التجميد:

عند تجميد الأغذية لابد من اختيار المنتجات ذات درجة الجودة العالية وخاصة بالنسبة للخضروات والفاكهة حيث يجب أن تكون تامة النضج وكذلك في حالة اللحوم والأسماك والدواجن لابد أن تكون بحالة جيدة ولذلك يجب إجراء عمليات الفرز والغسيل بعناية تامة والخطوات التي تلي ذلك هي:

أ- إعداد الغذاء:

تختلف عملية إعداد الغذاء في الصورة التي سوف يجمد عليها تبعا لاختلاف نوعه فمثلاً بالنسبة للدواجن بمجرد ذبحها وتنظيفها يجب تبريدها في الثلاجة أو غسلها بماء مثلج لإزالة معظم حرارة الجسم ثم تربط الأرجل والأجنحة ملاصقة للجسم حتى لا تشغل حيزا كبيرا وتعبأ كل دجاجة على حدة في عبوة مقاومة لنفاذ الرطوبة وعادة يتم ذلك في أكياس من البولي ايثيلين ويجب أن يكون الكيس ملتصق تماماً بالجسم للتخلص من الهواء ثم يقفل طرفه جيدا وبالنسبة للقلوب والقوانص والكبد يفضل استخدامها طازجة أو يتم تجميدها منفصلة عن الدواجن.

وفي حالة اللحوم لابد من تقطيع الأجزاء الكبيرة إلى أحجام مناسبة ثم تغلف وبالنسبة للقطع الصغيرة يمكن وضعها في عبوة واحدة مع فصل القطع عن بعضها بواسطة ورق مضاد للشحوم حتى يسهل فصلها عن بعضها.

وعند تجميد السمك لابد من تنظيفه وتبريده بالثلج المجروش بمجرد صيده وفي حالة الأسماك الصغيرة يمكن ترك الرأس والذيل ولكن من الأفضل إزالتهما. أما الأسماك الكبيرة فبعد تنظيفها وإزالة الرأس والذيل تقطع إلى شرائح وتغلف.

وبالنسبة للخضروات يتم اعدادها وتجهيزها في الصورة التي سوف تطبخ عليها أما الفاكهة فيجب أختيارها بعناية واستبعاد الثمار المخدوشة أو المشوهة أو غير الناضجة أو حتى الزائدة في النضج وعادة تجمد الفاكهة بعد خلطها جيداً مع السكر حتى يذوب ويتخلل انسجتها ويتم ذلك بمعدل رطل سكر لكل أربعة أرطال فاكهة أو تجميدها في محلول سكري بنسبة 40٪ إلى 60٪ فاكهة.

هذا وقد يتم تجميدها في صورة كاملة أو مجزأه ويفضل إجراء عملية تدريج حجمي للخامات المجهزة حتى يمكن تجميد الوحدات المتماثلة فى الحجم مع بعضها كما يمكن إجراء التدريج وصفياً حسب درجات الجودة.

ب- إجراء عملية السلق أو الكبرتة:

تجرى عملية السلق بالنسبة للخضروات التي سوف تؤكل مطبوخة مثل البسلة والفاصوليا وذلك لتقليل التغيرات الطبيعية والكيميائية إلى أقل حد ممكن وقد تجرى أيضا عملية السلق للفاكهة باستخدام البخار وإن كانت تؤدي إلى ليونة الأنسجة وفقد القوام الصلب وظهور طعم مطبوخ غير مرغوب ويمكن الاستغناء عنها بإجراء عملية الكبرتة وإن كان هذا يسبب رائحة غير مرغوبة في كثير من الفواكة.

وكما سبق ذكره تختلف مدة السلق حسب درجة حرارة الماء ونوع الثمار فمثلا عند السلق باستخدام الماء المغلي فإن مدة السلق للبسلة الصغيرة تستغرق دقيقة واحدة وتحتاج السبانخ والفاصوليا إلى دقيقتين واللوبيا ثلاث دقائق والبطاطس والجزر من 3 – 6 دقائق... إلخ.

وعلى نطاق المنزل فإن عملية السلق تتم باستخدام الماء على درجة حرارة الغليان بمعدل جالون واحد من الماء (حوالى 4.5 لتر) لكل رطل من الخضروات ويجب أن تتم عملية السلق على وجبات بحيث يوضع رطل واحد من الخضروات في كمية الماء كل مرة ثم يترك الماء ليغلي على أن يتم ذلك خلال دقيقة من الغمر ثم تحسب مدة السلق من بداية غليان الماء ثم تغمر الخضروات بعد انتهاء السلق في وعاء آخر به ماء مثلج لمدة مساوية لزمن السلق وفي كلتا الحالتين (السلق والتبريد) يمكن وضع الخضروات في قطعة من الشاش أو مصفاه من السلك وتستخدم نفس الكمية من ماء السلق 6 – 7 مرات وبعد ذلك تصفى الخضروات ثم تعبأ في عبوات مناسبة ومحكمة القفل ثم تجمد.

جـ- إجراء عملية التجميد:

على النطاق المنزلي فإن تجميد الأغذية باستخدام المجمد الملحق بالثلاجات (Freezer) يصلح فقط على المدى الزمني القصير أما إذا أردنا تخزين الغذاء المجمد لفترات طويلة فيجب أن يتم ذلك باستخدام المجمدات العميقة Deep Freezers حيث تنخفض درجة الحرارة في

هذه الأنواع إلى – 18° س وهكذا يمكن حفظ الغذاء لفترات طويلة قد تصل إلى سنة مع احتفاظه بأكبر قدر ممكن من صفات الجودة والقيمة الغذائية بالمقارنة بعدة شهور فقط في حالة المجمد الملحق بالثلاجات حيث تنخفض درجة الحرارة إلى حوالي – 10° م فقط.

وبالنسبة للتجميد على نطاق تجاري فإن ذلك يتم بعدة طرق نوجزها فيمايلي:

أولاً: التجميد بالتلامس المباشر:

في هذه الطريقة يتم خفض درجة الحرارة نتيجة التلامس المباشر بين الغذاء وعامل التبريد حتي الوصول إلى الحالة المجمدة وعامل التبريد المستخدم عادة هو الهواء ولذلك تسمى الطريقة أيضاً التجميد بالهواء وتوجد عدة وسائل لإجراء هذه العملية.

1- التجميد باستخدام الهواء الساكن:

يوضع الغذاء في حجرة تبريد معزولة جيداً على درجة حرارة في حدود- 23:- 30° م وقد تستخدم المراوح لتحريك الهواء لزيادة كفاء عملية التجميد وحسب حجم المادة الغذائية أو العبوة وكذلك درجة الفصل بين وحدات الغذاء فإن زمن التجميد يتراوح بين عدة ساعات إلى عدة أيام ونظراً لبطء معدل التجميد قد تحدث بعض التغيرات غير المرغوبة في القوام وأحياناً قد يحدث بعض الفساد للمنتج قبل الوصول للحالة المجمدة.

2- التجميد باستخدام الهواء المتحرك:

في هذه الطريقة تنخفض درجة الحرارة في غرفة التبريد إلى حوالي- 30° م: - 45° م مع استخدام المراوح لتصل سرعة الهواء إلى 10 - 15 م/ثانية وهكذا فإن سرعة الهواء تساعد على تحسين عملية انتقال الحرارة مما يقلل من عيوب الطريقة السابقة حيث أنه تحت هذه الظروف فإن عبوات الفاكهة زنة 30 رطل من الفاكهة تصل إلى الحالة المجمدة خلال 12 - 18 ساعة بينما يستغرق ذلك حوالي 72 ساعة في حالة استخدام الهواء الساكن.

3- Fluidized - Bed Freezing:

في هذه الطريقة تزداد حركة الهواء بحيث يحدث تدفق لجزئيات المادة الغذائية وهذا يؤدى إلى تلامس كل جزئيات الغذاء مع الهواء البارد مع استمرار حركتها أثناء العملية وحتى تخرج إلى حيث التعبئة ويستغرق زمن التجميد في هذه الحالة عدة دقائق.

عموماً فإن الغذاء في كل الحالات السابقة يتم تحميله على طاولات خاصة في صورة سائبة أو معبأة أو قد يوضع على سير معدني يتحرك أو تستخدم سلال من المعدن المثقب. ويعتمد معدل التجميد على معدل إنتقال الغذاء داخل حجرة التجميد وعلى سرعة الهواء ودرجة برودته. هذا وتتم العملية داخل الانفاق باستخدام عربات خاصة تحمل عليها الطاولات أو السلال وتدخل نفق التبريد حتى تتم عملية التجميد ثم تخرج من الناحية الأخرى.

ثانياً: التجميد بالتلامس غير المباشر:

في هذه الطريقة يوضع الغذاء على ألواح أو صواني أو سيور يتم تبريدها بوسيلة تبريد مناسبة بحيث تصبح الوسائل المحمل عليها الغذاء حائلاً بين الغذاء ووسيلة التبريد المستخدمة وبهذا يكون الغذاء في حالة تلامس مباشر مع سطح التبريد وتلامس غير مباشر مع وسيلة التبريد وهذه الطريقة تسمح باستخدام وسائل التبريد التي قد تؤثر عكسياً على خصائص الغذاء وعادة تستخدم محاليل ملحية أو غازات تبريد في صورة سائلة. وعادة يوضع الغذاء في صواني خاصة توضع بين ألواح مبردة ولذا يطلق عليها مجمدات الألواح Plates Freezers . وهذه الطريقة تناسب المنتجات المسطحة بصفة خاصة مثل شرائح السمك والبرجر وبهذا نتلافي حدوث أي تغيرات في طعم الغذاء نتيجة عدم وجود تلامس مباشر بين الغذاء وعامل التبريد وكذلك نتلافى تفاعلات الأكسدة التى قد تحدث في حالة التجميد باستخدام الهواء. وعادة يتكون المجمد من عدة أرفف أو ألواح معدنية يدور بداخلها سائل التبريد ويوضع الغذاء في صورة عبوات مسطحة بين هذه الألواح التي يمكن التحكم في حركتها بحيث يمكن بعد التحميل تضييق المسافة بين الألواح والغذاء لتصبح ملامسة لقمة وقاع العبوات وذلك لإسراع عملية التجميد وكل ذلك يكون داخل حيز معزول جيداً وحسب درجة حرارة سائل التبريد وحجم العبوة ودرجة التلامس ونوع الغذاء يتحدد زمن التجميد الذي يستغرق عادة حوالي 1 - 2 ساعة للعبوات ذات السمك 4 - 5 سم ويتم التجميد على وجبات.

وهناك مجمدات ألواح تعمل بطريقة مستمرة أوتوماتيكية مجهزة بنظام تحميل أوتوماتيكي من خط التعبئة وبمجرد تحميل الأرفف يتم ضغطها بحيث يكون كل رف ملاصقاً للرف الذي يسبقه وتتحرك الأرفف إلى منطقة التجميد وفي نهاية هذه المنطقة يتم تفريغ الأرفف التى تم تجميد محتواها من الغذاء وتعود الأرفف الفارغة إلى موضع التحميل.

وكما سبق وذكرنا فإن كفاءة عملية التجميد بالتلامس غير المباشر تتوقف إلى حد كبير على مدى التلامس بين الأرفف أو الألواح مع الغذاء ولهذا نجد أن المنتجات التي تكون في صورة شرائح مثل اللحوم والأسماك تتجمد بسرعة أكبر عن الأغذية الموجودة في صورة قطع أو وحدات مثل الخضروات والجمبري حيث أن الأخيرة تكون وحداتها منفصلة، عن بعضها بمسافات بينية هوائية.

في حالة الأغذية السائلة فإن التجميد بالتلامس غير المباشر يتم باستخدام المبادلات الحرارية ذات الأنابيب حيث يمر الغذاء في الأنبوبة الداخلية المزودة بعمود إدارة يدفع الغذاء أثناء مروره وكذلك مزودة بسكاكين كشط متصلة بعمود الإدارة وتتحرك معه وذلك لكشط أجزاء الغذاء من على السطح المبرد بينما يمر عامل التبريد المستخدم في الفراغ الموجود بين هذه الأنبوبة الداخلية وأنبوبة أخرى خارجية قطرها أكبر. هذا وتؤدى عملية الكشط المستمرة للغذاء إلى زيادة معدل التجميد حيث تجعل الجدار البارد للأنبوبة الداخلية خالياً من طبقات الغذاء المتجمد التي لو بقيت ملتصقة به فإنها تعمل كعازل يقلل من سرعة التجميد كما أن هذه السكاكين تقوم بكشط بللورات الثلج المتكونة أيضاً على سطح الجدار المبرد وهذه البللورات تتخلل كتلة الغذاء غير المجمد مما يسرع من عملية التجميد بالإضافة إلى أن حركة السكاكين وعمود الإدارة تجعل الغذاء في حركة مستمرة مما يتيح الفرصة لتلامس الغذاء باستمرار مع الجدار المبرد. عملية التجميد تحدث خلال عدة ثواني ولكنها لا تكون كاملة حيث يصبح الغذاء في صورة قوام رقيق متماسك يخرج من المبادل إلى خط التعبئة ثم تكمل عملية التجميد باستخدام الهواء أو الغمر.

ثالثاً: التجميد بالغمر Immersion Freezing :

التجميد بالغمر مباشرة في سوائل التبريد يحقق المميزات الآتية:

1- الإتصال المباشر بين الغذاء أو العبوة مع وسائل التبريد وهذا مهم جداً بصفة خاصة مع قطع الأغذية ذات الشكل غير المنتظم مما يسرع من عملية التجميد كما في حالة الجمبري والمشروم.

2- عدم وجود الهواء يحمي الأغذية من تعرضها للأكسدة.

3- الحصول على درجة جودة عالية مع بعض الأغذية لا تحقق باستخدام طرق التجميد الأخرى.

سوائل التبريد المستخدمة في هذه الطريقة لابد أن تكون غير سامة وأن تكون نقية وخالية من الطعوم الغريبة والرائحة والملونات وأن لا يكون لها تأثير مبيض ولا تسبب تآكل للعبوات أو تكون مصدر تلوث لها. وعموماً فإن سوائل التبريد المستخدمة تنقسم إلى قسمين أساسيين:

1- السوائل ذات درجة التجميد المنخفضة والتي يتم تبريدها عن طريق تلامس غير مباشر مع عامل تبريد آخر ومن أمثلتها المحاليل السكرية والملحية والجليسرول وهي يمكن استخدامها مع الأغذية غير المعبأة. ويجب أن يكون تركيز هذه المحاليل كافياً بحيث تظل سائلة على درجة – 18° م أو أقل حتى تكون مؤثرة فمثلاً في حالة محلول كلوريد الصوديوم فإن الوصول إلى هذه الدرجة يتطلب أن يكون التركيز حوالي 21٪ ويمكن الوصول إلى – 21°س إذا ارتفع التركيز إلى 23٪ وهذه هي أقصى درجة يمكن الوصول إليها حيث أن انخفاض درجة الحرارة عن ذلك سوف يؤدي إلى حدوث تجمد للمحلول وهذا يعني أن هذه الدرجة تعتبر النقطة الحرجة critical point التي لا يمكن الوصول إلى درجة حرارة أقل منها. والمحاليل الملحية لا يمكن استخدامها مع الأغذية غير المعبأة التي لا يستحب فيها الطعم المالح ولهذا فإن الاستخدام الواسع لها يكون مع الأسماك وخاصة أثناء الصيد في البحر الذي يستغرق فترات طويلة بينما تستخدم المحاليل السكرية عند تجميد الفاكهة وحتي تظل سائلة على – 18°م يجب أن يكون ثلثي المحلول عبارة عن سكروز والباقي ماء وهذا ينتج عنه لزوجة عالية على هذه الدرجات المنخفضة ولهذا قد يستبدل بمحلول الجليسرول والماء وخاصة مع أنواع الفاكهة التي لا يستحب فيها أن تكون محلاة ويمكن الوصول إلى – 47° م باستخدام محلول تركيزه 67٪ جليسرول، بالإضافة إلى المحاليل السابقة يوجد أيضاً محلول البروبلين جليكول مع الماء بنسبة 60 : 40 على التوالي وهذا المحلول يتجمد على – 51° م وهو غير سام ولكنه ذو طعم لاذع ولهذا لا يستخدم إلا مع الأغذية المعبأة.

2- الغازات السائلة – ويطلق عليها الـ Cryogenic Liguid وهى عبارة عن غازات مسالة ذات درجة غليان منخفضة جداً مثل النتروجين السائل الذي يغلى على درجة – 196° م وثاني اكسيد الكربون السائل الذي يغلي على درجة – 79° م والأول هو الشائع استخدامه حيث أنه يمتاز بالآتي:

1- درجة غليانه منخفضة جداً مما يسرع بدرجة كبيرة من عملية تبادل الحرارة.

2- درجة الحرارة المنخفضة اللازمة لعملية التجميد يتم الحصول عليها من تبخير النتروجين السائل وبالتالي لا نحتاج إلى عوامل تبريد أخرى.

3- غير سام وخامل لا يتفاعل مع مكونات الأغذية كما أنه عندما يحل محل الهواء فإنه يحمي الغذاء من تفاعلات الأكسدة سواء أثناء عملية التجميد نفسها أو أثناء التخزين بعد ذلك.

4- نظراً لسرعة التجميد فإنه يعطي درجة جودة عالية للمنتجات بالمقارنة بالغازات الأخرى.

ولكن ما يعيب استخدام النتروجين السائل هو تكلفته العالية ورغم أن كثير من المنتجات لا تحتاج إلى استخدام هذا النوع من التجميد السريع لنحصل على جودة عالية إلا أن بعض الأغذية مثل المشروم لا يمكن تجميدها بالطرق الأخرى بدون حدوث بعض التلف أو التغيرات غير المرغوبة في الأنسجة.

وبالنسبة للصفات الحرارية للنتروجين السائل نجد أنه عندما يتبخر من سائل على درجة – 196° م ويتحول إلى غاز على نفس الدرجة فإن كل كجم واحد من النتروجين السائل يمتص كمية من الحرارة قدرها 200 كيلو جول وهي عبارة عن الحرارة الكامنة للتبخير وبعد ذلك فإن كل كجم واحد من الغاز الناتج الذي درجة حراراته – 196° م يمتص 186 كيلو جول لكى تصبح درجة حرارته – 18° م وبهذا تصبح كمية الحرارة الكلية الممتصة بواسطة سائل النتروجين 386 كيلو جول/كجم. ومعرفة هذه الحقائق مهم جداً عند تصميم المجمدات التي تستخدم سائل النتروجين في صورة رذاذ حيث يجب أن يلامس النتروجين سطح الغذاء في صورة نقط سائلة حتي يمكن الاستفادة من التأثير التبريدى الكامل له بينما لو حـــدث تبخير لسائل النتروجين قبل ملامسته للغذاء فإن الحرارة المفقودة من الغذاء سوف تكون 186 كيلو جول/كجم سائل فقط وذلك من خلال ارتفاع درجة حرارة الغاز من – 196° م إلى – 18° م.

عموما فإن استخدام النتروجين السائل يمكن معه تجميد الأغذية – على درجات حرارة تصل إلى – 45° م ويمكن أقل من ذلك بكثير ولكن الدرجة المنخفضة عن ذلك تتطلب تكلفة اقتصادية عالية وقد تسبب بعض الضرر لأنواع معينة من الأغذية والجودة العالية للغذاء

المجمد تعتمد على سرعة الوصول إلى هذه الدرجة وفى حالة كثير من الخضروات والفاكهة وكذلك اللحوم والأسماك يستغرق ذلك حوالي 1 – 3 دقائق. وعموماً فإن التطبيق الأكثر انتشاراً بالنسبة لاستخدام النتروجين السائل نجده مع الجمبري حيث يتم دخول الجمبري إلى نفق التجميد محملاً علي صواني أو طاولات خاصة من طرف ورذاذ النتروجين السائل يتم رشه في الطرف الآخر من النفق، الرذاذ يتبخر إلى غاز ويتجه إلى الطرف الآخر من النفق ليقابل في طريقه الجمبري القادم من الاتجاه الآخر وهكذا يتم تبريد الجمبري أولاً بالغاز البارد إلى صفر ° م قبل أن يصل إلى منطقة الرذاذ وعند وصوله إليها يتجمد سطح الجمبري وتصل درجة حرارته – 185° م ثم يتحرك إلى منطقة أخرى يحدث فيها التوازن بين درجة حرارة السطح والمركز لتصبح درجة الحرارة حوالي – 45° م ثم يمر الجمبري إلى منطقة يتعرض فيها إلى رذاذ من الماء الذي يتجمد في صورة طبقة ثلجية رقيقة على سطح الجمبري تحميه من فقد الماء أثناء التخزين وتصبح درجة حرارة الجمبري – 30° م ويخرج للتعبئة ثم يخزن على – 23° م . وبصفة عامة يمكن القول أن التجميد بالنتروجين السائل سوف ينتج عنه فقد أقل في الرطوبة أثناء التجميد وكمية أقل من السائل المنفصل عند الانصهار بالمقارنة بطرق التجميد الأخرى والتي قد يصل فيها الفقد في الوزن إلى حوالي 7.5 ٪ في بعض الأغذية.

أما فيما يختص بثاني أكسيد الكربون فإنه يستخدم في صورتين إحداهما جافة وهي عبارة عن الثلج الجاف في صورة مسحوق يخلط مع الغذاء بطريقة ميكانيكية ويحدث له تسامى على درجة – 79°م أو يستخدم في صورة سائلة حيث يتم رشه في صورة رذاذ على سطح الغذاء. وقد وجد أن درجة الجودة المتحصل عليها تماثل تلك الناتجة باستخدام النتروجين السائل ومقدرته على امتصاص الحرارة أكثر وبالتالي فإن استخدامه يعتبر أفضل من الناحية الاقتصادية وإن كان استخدامه محدوداً نظراً لحدوث عملية كربنة للغذاء corbonation تؤثر على طعمه.

د- تعبئة الأغذية المجمدة:

هناك اعتبارات لابد من مراعاتها عند تعبئة الأغذية المجمدة حيث يميل الثلج إلى التسامي من سطح الغذاء المجمد إلى جدران المجمدات أو حجرات التخزين ولهذا فإن مواد التعبئة يجب أن تكون مقاومة بدرجة عالية لنفاذية بخار الماء. كما أن معظم الأغذية يزداد حجمها عند تجميدها بنسبة قد تصل إلى 10 ٪ ولهذا لابد أن تتصف العبوة بالمرونة والقوة.

كذلك لابد أن توفر العبوة الحماية للغذاء من الهواء والضوء خاصة عند التخزين لفترات طويلة. وفي حالة صهر الغذاء عند استخدامه فى عبوته فلابد أن تمتاز العبوة بقدرتها على ربط الماء ومنع تسربه. عموماً فإن العلب الصفيح ورقائق البلاستيك والورق الشمعى والفويل كلها عبوات مناسبة بينما تستبعد العبوات الزجاجية التي تتعرض للتهشم نتيجة تمدد الغذاء أو بتأثير الصدمة الحرارية.

هـ- تخزين الأغذية المجمدة:

بعد انتهاء عملية التجميد لابد أن يتم تخزين الأغذية المجمدة على درجات حرارة منخفضة تسمح بالمحافظة عليها في الصورة المجمدة ولا تؤدى إلى إنصهارها، وعموماً فإن الفاكهة والخضروات يمكن أن تخزن على – 18° م وتظل بحالة جيدة لمدة تصل إلى سنة بينما اللحوم والأسماك تختلف مدة تخزينها على هذه الدرجة حسب نوعها ودرجة جودتها الأصلية ولكن كما سبق القول فإنه يفضل تخزين الأغذية المجمدة على نطاق تجاري على درجات أقل من ذلك (– 29° م) حتى يمكن المحافظة على درجة الجودة والقيمة الغذائية لأطول فترة ممكنة والجدول (10) يوضح الزمن بالتقريب الذي يمكن خلاله تخزين الأغذية المجمدة على – 18° م .

جدول (10): مدة تخزين الأغذية المجمدة على درجة – 18° م

المنتج	مدة الحفظ بالشهر	المنتج	مدة الحفظ بالشهر
الفاكهة	12	البيض	10
الخضروات	12	الخبز	12
لحم البقر	12 – 10	عجينة الخبز	2 – 0.5
لحم الضأن	12 – 10	الكيك	8 – 4
لحم الخنزير	6 – 3	عجينة الكيك	3 – 2
الدواجن	8 – 6	عجائن الفطائر	6 – 2
السمك الدهني	3	اللحم المطبوخ	8 – 3
السمك اللحمي	6	طواجن المسبكات	2
السجق	3 – 1	الجبن الطري	8
الجبن الصلب	3	الكريمة	6 – 4

صهر الأغذية المجمدة:

تستغرق عملية الانصهار للأغذية المجمدة زمناً يعادل 3 – 5 مرات الزمن الذى تستغرقه عملية التجميد ويرجع ذلك إلى انصهار طبقة الثلج السطحية وتكوين طبقة من الماء على سطح الغذاء والمعروف أن الماء له درجة توصيل حراري منخفضة بالمقارنة بالثلج ولهذا فإنه يقلل من معدل وصول الحرارة إلى الأجزاء الداخلية ويزداد هذا التأثير العازل كلما زاد سمك طبقة الغذاء المجمد. ونظراً لطول الفترة التي تستغرقها عملية الانصهار فإن أي تلف لجدران الخلايا بسبب التجميد البطئ سوف ينتج عنه خروج مكونات الخلية وهو ما يسمى بالسائل المنفصل (Drip) وهذا يسبب فقداً كبيراً في المغذيات الذائبة في السائل الخلوي فمثلاً اللحم البقري يفقد حوالي 8٪ من حمض الفوليك، 10٪ من الريبوفلافين و 12٪ من الثيامين و 14٪ من النياسين و 32٪ من البيرودكسين بينما تفقد الفاكهة حوالي 30٪ من فيتامين C. بالإضافة إلى ذلك فإن هذا السائل المنفصل يمثل مادة تفاعل خصبة للنشاط الانزيمي والنمو الميكروبي خاصة في حالة عدم إجراء عملية السلق أو إجرائها بدرجة غير كافية للقضاء على النشاط الانزيمي.

بالنسبة للخضروات التي سوف تؤكل مطبوخة فإنها لا تحتاج إلى إجراء عملية الإنصهار والأفضل طبخها من الحالة المجمدة ويتم ذلك بوضعها في كمية قليلة من الماء المغلي وفصلها عن بعضها أثناء غليان الماء باستخدام شوكة الطعام ويحسب زمن الطبخ من بداية غليان الماء وعادة تستغرق عملية الطبخ بالنسبة للخضروات المجمدة زمنا أقل منه في حالة طبخ الخضروات الطازجة نظراً لإجراء عملية السلق قبل التجميد وليونة الأنسجة نتيجة عملية التجميد.

كذلك في حالة الأسماك يتم طبخها على حالتها المجمدة وبالنسبة للحوم فإن القطع الصغيرة قد تطبخ بدون صهر مع استخدام حرارة متوسطة لاطالة زمن الطبخ حتى تعطي الفرصة لاتمام عملية الانصهار ولكن في حالة القطع الكبيرة يجب صهرها قبل الطبخ ويتم ذلك في الثلاجات المنزلية لمدة 5 – 6 ساعات لكل رطل أو 2 – 3 ساعات لكل رطل في حالة إجراء عملية الانصهار على درجة حرارة الغرفة. وفي حالة الدواجن المجمدة يتم صهرها أيضا قبل الطبخ ويستغرق ذلك حوالي 8 ساعات على درجة حرارة الغرفة ويجب استخراج الكبد والقوانص والقلوب إذا كانت مخزنة داخلها.

بالنسبة للفاكهة المحلاة يتم أيضاً صهرهـــا قبل استهلاكها وتستغرق عملية الانصهار 4 – 6 ساعات على درجة حرارة الغرفة أو 8 – 10 ساعات في الثلاجة ويجب أن يتم اعدادها وهي لا تزال منخفضة في درجة حرارتها.

وفيما يختص بمنتجات الألبان فإن الكريمة والزبدة يجب صهرها على درجة حرارة الغرفة لمدة 1 – 2 ساعة وفي حالة البيض فإنه لا يجمد كاملا وإنما يتم تجميد الصفار منفردا عن البياض وبمجرد أن تتم عملية الانصهار يجب أن تتم عملية الخلط ثم الإعداد في الحال.

القيمة الغذائية للأغذية المجمدة:

الفقد في القيمة الغذائية للأغذية المجمدة سواء أثناء التجميد أو التخزين التالي له يعتبر صغيراً جداً إذا ما قورن بالفقد الذي يحدث أثناء إعداد الغذاء قبل تجميده ولهذا يفضل إجراء الخطوات السابقة لعملية التجميد بسرعة كلما أمكن ذلك حتى يمكن تقليل فترة الإعداد وبالتالي الاقلال من الفقد الذي يحدث في العناصر الغذائية خاصة الفيتامينات. ولتوضيح ذلك فإن عملية السلق باستخدام الماء المغلي التي تجرى للخضروات وبعض الفواكه قبـل إجراء التجميد لها بغـرض القضاء علـى الانزيمات تسبب بعض الفقد فـي الفيتامينات الذائبة في الماء مثل حمض الاسكوربيك بصفة أساسية والثيامين إلى حد أقل وقد وجـد أنه أثناء سلق البسلة يفقد حوالي 25٪ من حامض الاسكوربيك وحوالي 7٪ من الثيامين.

وتختلف كمية الفقد في حامض الاسكوربيك أثناء عملية السلق حسب نوع المنتج فبينما يفقد منه حوالي 5٪ في حالة الاسبرجس يصل الفقد إلى حوالي 33٪ في حالة السبانخ. ورغم هذا فإن عملية السلق تحافظ بعد ذلك على الكميات المتبقية من حامض الاسكوربيك أثناء تخزين الغذاء بعد تجميده حيث أنها تقضي على نشاط الانزيمات المؤكسدة له Ascorbic acid oxidase وهذا يقلل من الفقد أثناء التخزين بالاضافة إلى أن عملية السلق تقلل من زمن الطبخ كما سبق ذكره مما يؤدي أيضاً إلى تقليل الفقد في حامض الاسكوربيك أثناء عملية الطبخ.

وبرغم الانخفاض الكبير في درجة حرارة التخزين بالنسبة للأغذية المجمدة والتي تصل إلى - 18° م في المجمدات المنزلية و - 29°م في المجمدات التجارية فإنه يحدث فقد بمعدل بطيء جدا وتدريجي في صفات الجودة وكذلك القيمة الغذائية فمثلا في البسلة المخزونة لمدة 3 شهور على - 18°م حدث فقد في حامض الاسكوربيك مقداره حوالي 4٪ فقط ويزداد الفقد عن ذلك بارتفاع درجة حرارة التخزين.

وأثناء عملية الانصهار تتعرض القيمة الغذائية لبعض الفقد حيث يفقد منها جزء من السائل الموجود داخل الخلايا ويسمي هذا الجزء المنفصل بالـ Drip وتعتمد كمية السائل المنفصل على معدل التجميد وفترة التخزين ودرجة حرارة التخزين وطبيعة الخلايا المكونة للغذاء. فالخلايا النباتية تفقد كمية أكبر من السائل الخلوي عنه في حالة الخلايا الحيوانية نظراً لاحتواء الأولى على فجوات أكثر اتساعا تحتوى على كمية أكبر من الماء الحر وكلما كان معدل التجميد بطيئا كلما أدي ذلك إلى زيادة كمية السائل المنفصل ولهذا نجد أنه من الأفضل عدم صهر الأغذية التي سوف تؤكل مطبوخة وإجراء عملية الطبخ من الحالة المجمدة خاصة في حالة الخضروات، بالنسبة للحوم يحدث أيضا فقد محسوس في المواد الغذائية الذائبة في السائل الخلوي مثل بعض البروتينات ومجموعة فيتامين (ب) ويمكن التغلب على هذا الفقد عن طريق اضافة هذا السائل المنفصل إلى المرق كما يمكن أيضا تقليل الفقد باطالة فترة الانصهار نسبيا حيث تتاح الفرصة للانسجة لاستعادة أكبر كمية ممكنة من السائل المنفصل وأن كان هذا الأمر تحده بعض المخاطر الأخرى مثل اتاحة الفرصة للنشاط الميكروبي وحدوث بعض التغيرات غير المرغوبة.

عموما يمكن القول أن الفقد في القيمة الغذائية للأغذية المجمدة والمخزونة بطريقة مناسبة يعتبر قليل جداً وقد تتفوق القيمة الغذائية للأغذية المجمدة على مثيلتها للأغذية الطازجة المماثلة والتي قد تتعرض للتدهور نتيجة التغيرات التي قد تحدث لها في الفترة ما بين الحصاد والاستهلاك فالبسلة الخضراء الطازجة يمكن أن تفقد 50٪ من محتواها من فيتامين (ج) خلال يومين علي 20° م بينما تحتاج إلى سنة على - 18° م لكى يحدث نفس الفقد.

التغيرات الطبيعية والكيماوية التى تحدث فى الأغذية المجمدة:

تتعرض الأغذية المجمدة لبعض التلف في القوام والأنسجة خاصة اللحوم والأسماك وتتأثر

مقدرتها على الاحتفاظ بكمية السوائل الموجودة داخل الخلايا عند الانصهار فيفقد جزء منها مما يؤدي إلى أن يصبح الغذاء جافا وخشنا بعض الشيء عند استهلاكه. وفي حالة الفاكهة والخضروات فإن قوامها يصبح لين وعجينى وتفقد صلابتها الطبيعية ويرجع هذا إلى أن التجميد يكسر المادة الغروية التي تربط الخلايا مع بعضها.

كذلك تتعرض بعض الأغذية إلى ما يعرف بحروق التجميد Freezing burns فأثناء تخزين الأغذية المجمدة يتبخر جزء من محتواها المائي إلى الفراغ الموجود في العبوة ويتحول هذا الماء المتبخر إلى بللورات ثلجية تغطي سطح الغذاء ويصبح مظهره غير مقبول ولا يقتصر الأمر على هذا وإنما تتعرض المناطق التي تبخر منها الماء إلى بعض التفاعلات التي تؤثر على اللون وتبدو كبقع ملونة وتعرف هذه البقع بحروق التجميد فمثلاً في حالة الدجاج والبط تظهر بقع خضراء اللون أو بنية وتشبه النمو الفطري وعموما فإن تقليل الفراغ الهوائي في العبوة يعتبر أفضل طريقة لمنع التراكمات الثلجية والتغيرات الناشئة عنها ويمكن أن يتم هذا باحكام عملية التغليف أو التعبئة تحت تفريغ لجعل الغلاف شديد الالتصاق بسطح الغذاء.

وعادة في حالة التجميد المنزلي لا يوجد الاهتمام الكافي بعملية تغليف الغذاء قبل تجميده ولهذا فإن الأغذية المجمدة منزليا تتعرض لحدوث التراكمات الثلجية وحروق التجميد خاصة وأن درجة الحرارة تتعرض كثيرا للتذبذبات في المجمدات المنزلية وعند ارتفاع درجة الحرارة يتبخر الماء إلى الفراغ الهوائي حول الغذاء وعند انخفاضها يتحول هذا الماء إلى بللورات ثلجية وعندما تحدث هذه العملية مرارا وتكرارا يتعرض سطح الغذاء للجفاف والتغيرات غير المرغوبة في اللون.

وبالنسبة للتغيرات الكيميائية فإن بعض التفاعلات التي تسبب بعض الفقد في عناصر الجودة يمكنها أن تحدث أيضاً في الأغذية المجمدة ويعتبر التزنخ Rancidity أحد هذه التفاعلات خاصة في اللحوم والأسماك المحتوية على نسبة عالية من الدهون التي تتعرض للتكسير والتحلل في وجود الاكسجين مما يؤدي إلى ظهور رائحة التزنخ. وكلما كانت درجة حرارة التخزين منخفضة كلما كان معدل التفاعل بطيئا وبالتالي يمكن زيادة فترة الصلاحية إلى عدة شهور بالنسبة للأغذية المرتفعة في نسبة الدهن وكذلك التعبئة تحت تفريغ تساعد أيضاً في إبطاء هذه التفاعلات إلى أقصى درجة ممكنة.

ومن التفاعلات الكيميائية الأخرى التي تؤثر علي جودة الأغذية المجمدة خاصة في بعض الفواكه والخضروات التلون البني الذي ينتج عن نشاط بعض الأنزيمات التي تساعد في حدوث التفاعلات بين بعض مكونات الغذاء والاكسجين كما يحدث في الخوخ المجمد مثلا وكذلك التفاح وهذا اللون البني غير مقبول بالنسبة للمستهلك كما أنه يؤدي إلى ظهور طعم مر ويمكن منع التلون البني في الفاكهة عن طريق تعبئتها في محلول سكري قبل التجميد مما يساعد في حمايتها من الاكسجين كما يمكن إجراء عملية الكبرته لوقف نشاط هذه الانزيمات ولكنها تسبب رائحة غير مرغوبة في كثير من الفواكه كما أن هذه العملية يصعب إجرائها في المنازل لصعوبة التحكم في المستوى المطلوب من غاز ثاني أكسيد الكبريت في الغذاء حيث أن الزيادة منه لها تأثير سام.

وعموما يمكن منع أو ابطاء هذه التغيرات سواء كانت طبيعية أو كيميائية باتباع مايلي:

1) سرعة إعداد وتجهيز الأغذية لعملية التجميد مع اختيار أنسب المعاملات لكل نوع.
2) الاهتمام بعملية التعبئة حيث يجب أن تكون العبوة المستخدمة محكمة القفل ويفضل أن تكون من النوع الذي يصلح لاحداث التفريغ الهوائي بداخله أو استبدال الهواء بأحد الغازات الخاملة مثل النتروجين حتى يمكن منع ملامسة الهواء للغذاء. كذلك يجب أن تكون صلبة وقوية لكى تتحمل أطول مدة ممكنة وغير منفذة للرطوبة.
3) إجراء عملية التجميد بأفضل الطرق الممكنة والتي تؤدي إلى حدوث التجميد بمعدل سريع.
4) ضرورة التحكم جيدا في درجة حرارة التخزين التي يجب أن تكون منخفضة بقدر الإمكان ومنع حدوث تذبذبات بها.
5) إجراء عملية الانصهار إذا اقتضى الأمر ذلك بمعدل سريع بقدر الإمكان وبالطريقة التي تناسب كل منتج.

الخضر المجمدة:

تمثل الخضر خاصة تلك التي تؤكل مطبوخة قطاعا كبيرا من الأغذية المجمدة وتحدد المواصفات القياسية المصرية بعض الاشتراطات العامة التي يجب توافرها في المنتج المجمد

النهائي وهذه الاشتراطات هي:

1) أن يكون المنتج سليما خاليا من الطعم والرائحة الغريبين.

2) أن يكون المنتج النهائي خاليا من الاصابات الفطرية أو الحشرية أو آثارها ومن الشوائب والمواد الغريبة.

3) أن يعطي المنتج النهائي نتيجة سلبية لاختبار انزيمي الكتاليز والبيروكسيديز.

4) أن يكون المنتج النهائي خاليا من المواد الحافظة والمواد الملونة المصنعة.

5) لا تزيد نسبة الزرنيخ على واحد في المليون وبالنسبة لعصير الطماطم 0.1 جزء في المليون.

6) لا تزيد نسبة الرصاص على 20 جزء في المليون وبالنسبة لعصير الطماطم 2 جزء في المليون.

7) لا يزيد العدد الكلي للبكتريا على 100.000 في الجرام الواحد من المنتج النهائي.

8) لا يزيد محتوى الجرام من المنتج النهائي على 10 خلية من بكتريا القولون بشرط خلوها من بكتريا القولون النموذجي.

9) أن يكون المنتج النهائي خاليا تماما من الأحياء الدقيقة الممرضة.

10) أن يخزن المنتج على درجة حرارة من – 15° م إلى – 20° م بشرط ألا تزيد درجة الحرارة أثناء النقل على – 10° م للمحافظة على المنتج النهائي في حالة مجمدة لحين وصوله للمستهلك ويجب ألا يعاد تجميده.

وفيما يلي نذكر أمثلة لبعض الخضر المجمدة الشائعة:

أ- الخرشوف المجمد:

ويعرف حسب المواصفات القياسية المصرية بأنه ناتج حفظ نورات الخرشوف الطازجة اللينة غير المتليفة بعد تجهيزها وغلسها ثم معاملتها بالسلق أى معالجتها بالماء الساخن على درجة الحرارة المناسبة أو بالبخار لوقت كاف لا يقاف عمل الانزيمات المؤكسدة ثم تجميدها وحفظها على درجة الحرارة المنخفضة اللازمة للمحافظة على خواص المنتج النهائي.

هذا ويجب أن تكون نورات الخرشوف طازجة منظفة كلياً أو جزئيا مع احتفاظ كل منها بالتخت بعد نزع جميع الزوائد الخارجية الخشنة وأن يكون الخرشوف خاليا من أية تغيرات لونية نتيجة عمل الانزيمات المؤكسدة ومحتفظاً بلونه الفاتح المميز كما يجب أن تكون وحدات الثمار الموجودة في العبوة الواحدة كاملة متجانسة الحجم واللون والقوام.

وبالنسبة لعملية التدريج فإن الخرشوف يدرج إلى الدرجات الحجمية التالية:

1) كبير وهو ما يكون قطر التخت فيه 6 سم فأكثر .

2) متوسط وهو ما يكون قطر التخت فيه من 4 – 6 سم.

3) صغير وهو ما يكون قطر التخت فيه أقل من 4 سم.

وفي حالة احتواء التخت على قواعد الأوراق فيجب ألا يزيد طولها على 5 سم.

ب- السبانخ الخضراء المجمدة:

هي ناتج حفظ أوراق السبانخ الخضراء بعد غسلها وتجهيزها ثم معاملتها بالسلق أي معالجتها بالماء الساخن على درجة الحرارة المناسبة أو بالبخار لوقت كاف لايقاف عمل الانزيمات المؤكسدة ثم تجميدها وحفظها على درجة الحرارة المنخفضة اللازمة للمحافظة على خواص المنتج النهائي.

ويجب أن تكون السبانخ المستخدمة خضراء ذات أوراق سليمة وخالية من النباتات الغريبة والأوراق الصفراء وأن يكون المنتج ذا لون أخضر زاهي متجانس ولا تزيد نسبة الرطوبة على 94٪ ولا تزيد نسبة الرماد على 1٪ .

جـ- الملوخية الخضراء المجمدة:

هي ناتج حفظ أوراق الملوخية الخضراء بعد غسيلها وتجهيزها ثم معاملتها بالسلق أى معالجتها بالماء الساخن على درجة الحرارة المناسبة أو بالبخار لوقت كاف لايقاف عمل الانزيمات المؤكسدة ثم تجميدها وحفظها على درجة الحرارة المنخفضة اللازمة للمحافظة على خواص المنتج النهائي.

ويجب أن تكون الملوخية المستخدمة ذات أوراق سليمة وخالية من الأوراق الصفراء وأن يكون المنتج ذا لون أخضر زاهي متجانس ولا تزيد نسبة الرطوبة على 89٪ ولا تزيد نسبة الرماد على 1.5٪ .

د - الباميا الخضراء المجمدة:

هي ناتج حفظ ثمار الباميا الخضراء الطازجة في المرحلة الملائمة للحفظ من أي صنف من أصناف البامية وذلك بعد غسلها وتجهيزها بإزالة جزء من الكأس (العنق) ثم معاملتها بالسلق أي معالجتها بالماء الساخن على درجة الحرارة المناسبة أو بالبخار لوقت كاف لايقاف عمل الانزيمات المؤكسدة ثم تجميدها وحفظها على درجة الحرارة المنخفضة اللازمة للمحافظة على خواص المنتج النهائي.

ويجب أن يتم اختيار الباميا الخضراء في حالة نضج مناسبة وليست في مرحلة نهاية النضج على أن تحتوي العبوة الواحدة على صنف واحد من الباميا. ويتم تنظيف الباميا الخضراء بقطع جزء من الكأس قطعا غير كامل حتى تحتفظ الثمرة بشكلها وبحيث تكون محتويات العبوة خالية من البذور والمواد المخاطية.

وتختلف عملية التدريج الحجمي تبعا لاختلاف صنف الباميا فمثلا الباميا البلدي الخضراء تدرج إلى الدرجات الحجمية التالية:

1) لا يزيد طول الثمرة على 3.5سم ويسمح بالتجاوز عن هذا الحد بنسبة لا تزيد عن 5٪ .

2) لا يزيد طول الثمرة على 4.5سم ويسمح بالتجاوز عن هذا الحد بنسبة لا تزيد على 5٪.

3) لا يزيد طول الثمرة على 5سم ويسمح بالتجاوز عن هذا الحد بنسبة لا تزيد على 5٪.

وفي حالة الباميا الرومي الخضراء يتم التدريج حجميا إلى:

1) رفيع جداً لا يزيد طول الثمرة على 7 سم مع التجاوز بنسبة 5٪ .

2) رفيع لا يزيد طول الثمرة على 10 سم مع التجاوز بنسبة 5٪.

هـ- البسلة الخضراء المجمدة:

هي ناتج حفظ بذور البسلة الخضراء ذات الدرجات الوصفية والحجمية المبينة فيما بعد وذلك بعد غسلها وتجهيزها ثم معاملتها بالسلق أي معالجتها بالماء الساخن على درجة الحرارة المناسبة أو بالبخار لوقت كاف لايقاف عمل الأنزيمات المؤكسدة ثم تجميدها وحفظها على درجة الحرارة المنخفضة اللازمة للمحافظة على خواص المنتج النهائي.

ويجب أن يتم اختيار البسلة الخضراء في حالة نضج مناسبة وليست في مرحلة نهاية النضج وأن يكون المنتج النهائي خاليا من أجزاء الثمار والحبل السري ويتم تجهيز بذور البسلة بفصلها عن القرون وبحيث يكون المنتج النهائي خاليا من بقايا القرون أو أجزائها وأن يكون متجانساً في اللون ولا تزيد نسبة العيوب فيه (البقع – اللون البني – اللون المصفر) عن 5٪ بالوزن.

وبالنسبة للتدريج الحجمي للبسلة فإنها تدرج إلى الدرجات الحجمية التالية:

1) رفيع جدا بحيث يمر 95٪ على الأقل من البذور خلال منخل مقاس فتحته 6.52م ± 3٪ وقطر السلك 2.27 مم والمقصود بعبارة مقاس الفتحة طول ضلع الفتحة المربعة أو قطر الفتحة المستديرة.

2) رفيع بحيث يمر 95٪ على الأقل من البذور خلال منخل مقاس فتحته 7.93 م ± 3٪ وقطر السلك 2.27 مم.

3) متوسط بحيث يمر 95٪ على الأقل من البذور خلال منخل مقاس فتحته 9.52 م ± 3٪ وقطر السلك 2.27 مم.

وفي حالة التدريج الوصفي تدرج البسلة الخضراء إلى الدرجات الوصفية التالية:

1) الدرجة الممتازة: Fancy grade

وهي تتميز بالصفات المثلى من ناحية الطعم واللون الممتازين مع الخلو التام من العيوب كما تكون البذور غضه لينه يطفو 95٪ منها إذا غمرت في محلول ملحي كثافته النوعية 1.035 (حوالي 5 درجات بوميه) وتحوز بالاختبارات الحسية على مالا يقل عن 90 درجة طبقا للجدول الموضح فيما بعد.

2) الدرجة الجيدة: Choice grade

في هذه الدرجة تتميز الثمار بصفات مماثلة لصفات الدرجة الممتازة. إلا أنها تكون متقدمة عنها نوعا ما في درجة النضج كما تكون متجانسة اللون وخالية من العيوب الظاهرة ويطفو 95٪ منها إذا غمرت في محلول ملحي كثافته النوعية 1.05 (حوالي 7 درجات بوميه) وتحوز بالاختبارات الحسية على مالا يقل عن 80 درجة طبقاً لجدول الدرجات الوصفية للبسلة.

3) الدرجة القياسية: Standard grade

وفيها تكون الثمار ذات صفات جيدة من ناحية الطعم والرائحة ويكون اللون متجانسا والبذور خالية من العيوب الظاهرة ويطفو 95٪ منها إذا غمرت في محلول ملحي كثافته النوعية 1.05 (حوالي 7 درجات بوميه) وتحوز بالاختبارات الحسية على مالا يقل عن 70 درجة طبقا للجدول التالي:

جدول (11): الدرجات الوصفية للبسلة الخضراء المجمدة:

الصفات	النهاية العظمي	الدرجات		
		الدرجة الممتازة	الدرجة الجيدة	الدرجة القياسية
تجانس اللون	20	20 – 18	17 – 16	15 – 14
اختفاء العيوب	40	40 – 36	35 – 32	31 – 28
النضج	40	40 – 36	35 – 32	31 – 28
المجموع	100	90 فأكثر	80 فأكثر	70 فأكثر

وبالنسبة للعبوات المستخدمة في تعبئة الخضر المجمدة عموما تنص المواصفات القياسية المصرية على أن العبوات يجب أن تكون مانعة لنفاذ الرطوبة وبخار الماء لمنع وصول أي رائحة أو طعم غريب إلى المنتج ويجب أن تقفل جيدا بحيث تحافظ على محتوياتها كما يجب أن تكون العبوة سليمة ويجوز تعبئتها في عبوات أكبر من الكرتون ويجب أن تكون العبوات مطابقة لمواصفاتها القياسية ويجب أن يبين عليها البيانات التالية:

«نوع المنتج واسم المنتج وعنوانه وعلامته التجارية والدرجة الحجمية أو الوصفية والوزن الصافي للعبوة وعبارة «انتاج ج. م. ع.» وكذلك عدد وحدات العبوات الصغيرة في حالة تعبئتها في عبوات أكبر وفي هذه الحالة يوضح كذلك على العبوات الخارجية البيانات السابقة كما يجب أن يوضح تاريخ الإنتاج أو رقم رمزي يدل عليه.

المراجـــع

- Cleaned, A. C. (1990). Food Refrigeration Processes. Analysis, Design and simulation. Elsevier science Publishers Ltd., Barking, UK.
- Dennis, C. and Stringer, M. (Editors) (1992). Chilled Foods: A Comprehensive Guide. Ellis Horwood Ltd., Chichester.
- Egyptian Organisation for Standardization Arab Republic of Egypt. Cairo.
- Fellows, P. J. (2000). Food Processing Technology. Principles and Practice. sec. ed., woodhead Publishing Limited and CRC Press LL C. Cambridge. England.
- Fennema, O. (1982). Effect of Processing on Nutritive Value of Food: Freezing. In Hand book of Nutritive Value of Processed Food, M. Recheigl, Jr. (Editor). CRC Press, Boca Raton, FL, PP. 31 - 43 .
- Femnema, O. (1993). Frozen Foods. Challenges for the Future. Food Australia 45 (8) 374 - 380.
- Georgo, R. M. Freezing Processes used in the Food Industry. Trends Food Sci. Tecchnol. 4 (5) 143-138.
- Hallwell, E. R. (1980). Cold and Freezer Storage Manual. 2nd ed. AVI Publishing Co., Westport, C T.
- Heldman, D. R. (1982). Food Properties during Freezing. Food Technol. 36 (2): 92-69.
- Heldman, D. R. (1983). Factors Influencing Food Freezing Rates. Food Technol. 37 (4): 103 - 109 .

- Mallett, C.P. (Editor). (1993). Frozen Food Technology. Chapman & Hall, London, New York.
- Potter, N. N. and Hotchkiss, J. H. (1995). Food Science. 5 th ed. Chapman & Hall, New York.
- Rose, D. (2000). Total Quality Managment. In: M. Stringer and C. Dennis (eds) Chilled Foods, 2nd edn. Ellis Horwood, Chichester,ch. 14.