# حفظ الأغذية بالحرارة المنخفضة (التبريد والتجميد)

تتعرض المواد الغذائية الطازجة سواء كانت فواكه او خضراوات او لحوم او البان إلى عوامل فساد كيميائية وحيوية وفيزيائية وتتمثل هذه الأضرار:

1. الذبول والجفاف السطحي بسبب فقدان الرطوبة الذي يؤدي لفقدان الوزن وتغيرات في الصلابة والقوام.

2. التلف نتيجة نشاط الأحياء المجهرية والبكتريا والفطريات، خاصة عند توفر الظروف الملائمة للنمو كالحرارة وتستمر بعض انواعها بالنمو بصورة بطيئة حتى عند التبريد.

3. التغيرات الحيوية الناتجة عن عمليات التنفس للثمار Respiration التي تحفزها انزيمات خاصة عند توفر الظروف يؤدي نشاط هذه الأنزيمات الى النضج التام وتكوين الطعم والنكهة الطبيعية. إلا ان استمرار عمل الانزيمات بعد النضج التام يغير قوام الثمار ونكهتها وتنخفض سرعة النشاط الانزيمي الى النصف عند خفض درجة الحرارة $10^{o}$م ولكن نشاطها لا يقف تماماً حتى في درجات حرارة منخفضة جدا حيث يتحلل السكر بوجود الانزيمات (كلوكوز اوكسيديز) الى ثنائي أوكسيد الكاربون والماء مما يسبب تغير طعم ونكهة الثمار وفقدان الوزن.

$$\text{Glucose - } C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \xrightarrow[\text{Oxidation}]{\text{Enzymes}} 6CO_2 + 6H_2O$$

<u>ويمكن خفض سرعة التنفس (Respiration) للأغذية عن طريق</u>

**1 –** خفض درجة الحرارة وافضل درجة حرارة مناسبة للخزن لمعظم الفواكه والخضراوات

الطازجة هي القريبة من نقطة الانجماد.

**2–** تعديل مكونات هواء الخزن أو التعليب Modified Atmosphere Packaging (AMP) المحيط بالثمار حيث يقلل نسبة الاوكسجين الجوي $O_2$ من 21% الى 3% وترفع نسبة ثاني اوكسيد الكربون $CO_2$ من 0.03% الى 2-5% والباقي غاز النيتروجين 92 - 95% ويجب أن لا تقل نسبة الاوكسجين عن 3% في العلبة لتجنب التحول الى التنفس اللاهوائي إذ يعتبر وسط مناسب لنمو البكتريا اللاهوائية وسبوراتها مثل *Clostridium botulinum*.

**3 –** إزالة الغازات المتكونة طبيعياً في الثمار مثل غاز الاثيلين والتي لها علاقة بسرعة التنفس والنضج.

## أساس الحفظ بدرجات الحرارة المنخفضة:

الاساس في حفظ الاغذية بالتبريد او التجميد هو خفض درجة الحرارة الى الحد الذي يجعل النمو الميكروبي والتفاعلات الكيميائية والحيوية اقل ما يمكن. وفي وقتنا الحاضر تمثل الاغذية المبردة والمجمدة حوالي 55% من جملة الغذاء المستهلك في حين تمثل الاغذية المحفوظة بالتعليب حوالي 30% والمحفوظة بالتجفيف حوالي 5 % فقط.

- **أنواع مخازن التبريد والتجميد**

DR. NAMEER

**1 –** مخازن مبردة لدرجات حرارة اقل من الحرارة الاعتيادية وأكثر من الصفر المئوي وتستعمل هذه المخازن لإغراض أهمها:

أ – الخزن الاعتيادي لفترات قصيرة

ب – التبريد المسبق مثل تبريد الخضروات أو اللحوم قبل التجميد

**2 –** مخازن مبردة لدرجات حرارة اقل من الصفر المئوي (مخازن تجميد )

**3 –** المجمدات المنزلية والتي تستخدم للتجميد والخزن

**طرائق انتقال الحرارة**

يمكن للحرارة أن تنتقل بثلاث طرائقٍ رئيسيةٍ هي التوصيل (conduction) والحمل (convection) والإشعاع (radiation)، يحتاج كلٍ من التوصيل (مادة موصلة مثل المعادن) والحمل (مادة سائلة مثل الماء) إلى وجود وسطٍ مادّيٍ مثلا و لكي تتمّ عمليّة النقل، على خلاف انتقال الحرارة بالإشعاع والذي لا يحتاج إلى وسطٍ ماديٍ (فراغ مثل الهواء). حيث ان الحرارة المحسوسة تنشأ نتيجة الحركة المستمرة لجزيئات المادة وتستعمل مقاييس الحرارة (المحرار) لتقديرها. ويؤدي التبريد الى تقليل هذه الحركة حيث تنخفض الحرارة عند وضع الغذاء في وسط بارد. وهو عكس نشاط التنفس الذي لا يشمل الحرارة المحسوسة.

**غازات التبريد :**

تعتمد كفاءة التبريد على قدرتها على امتصاص الحرارة عند تبخرها. حيث تفضل الغازات ذات درجة التبخر العالية. يعد الامونيا أكفأ غازات التبريد بسبب امتصاصه كمية عالية من الحرارة عند تبخره تبلغ 327سعرة/غم وهي اضعاف الغازات الاخرى بينما R12 حرارة تبخره 11.5 وان R113 حرارة تبخره 11.9.

اهم الصفات الحرارية لغازات التبريد :

1- ذو درجة غليان واطئة 33.3- مْ

2- لا يحتاج الى ضغط عال لتكثيفه وتسييله
3- غير ضار بمعادن الانابيب
4- ذو حرارة تبخر معتدلة
5- عديم الاحتراق ولا يسبب انفجار اذا ارتفعت درجة حرارته وزاد الضغط المسلط عليه.

**غاز الامونيا R717**

أستعمل هذا الغازسابقا وقد استبدل حالياً بغازات تبريد آمنة الاستعمال وهو اقتصادي من حيث الثمن وسليم الاستعمال في الظروف الاعتيادية وفي ضغوط معتدلة. من عيوب غاز الامونيا انه يعتبر من الغازات الخطرة عند تسربه لانه مخدش للانسجة المخاطية والعيون والفم والرئتين والجلد. أيضا يفضل استعماله مع انابيب الالمنيوم وليس مع النحاس لانها تتفاعل معه بوجود الرطوبة.

**الفريون**

من الغازات السليمة والآمنة صحيا وعديمة الرائحة وتستعمل مع انابيب الالمنيوم والنحاس وتستعمل في الثلاجات المنزلية لسهولة صيانتها هناك انواع عديدة منها :

(R12) – وتصنف على اساس ثنائي الميثان
(R21) – وتصنف على اساس أحادي الميثان

DR. NAMEER

## أولاً: الحفظ بالتبريد

- **تبريد الخضروات والفواكه**

تتغيرالثمار من حيث الوانها ومكوناتها كالمواد السكرية والنشوية ومحتواها من الحوامض، بعض الثمارتنتج بصورة تدريجية وعلى وتيرة واحدة دون أن تتغير فيها الاعمال التنفسية بشكل محسوس الا أن البعض منها يتصف بزيادة سرعة التنفس Respiration عند الاقتراب من قمة النضج حيث تزداد زيادة كبيرة انذاك وبعدها تبدأ عملية التنفس بالانخفاض وتسمى هذه بالثمار الكلايمكتيرية Climacteric Fruits حيث يجب أن تقطف مثل هذه الثمار قبل الوصول الى قمة نضجها وتخزن تحت ظروف مثلى من الحرارة مع تعديل كمية الأوكسجين وذلك للتحكم في اطالة الفترة الزمنية بحيث تتفق مع موعد تسويقها.

أسباب استعمال درجات الحرارة المنخفضة للخزن والتبريد هي :

1 – خفض سرعة عمليات التمثيل وهي Metabolism (الايض) التي تجعل التبريد مثالي.

2 – تقليل نشاط وفعالية كثير من الإحياء المجهرية التي تسبب التلف حيث تصبح بطيئة النمو في التبريد وان الهدف الرئيسي من التبريد هو تأخير عملية التلف في أفضل الظروف الملائمة للخزن.

### العوامل التي ينتج عنها التبريد المثالي و ظروف الخزن الأفضل:

### 1 – درجة الحرارة المثلى:

إن درجة الحرارة المثلى لخزن الفواكه والخضروات هي الدرجة التي تعطي أطول فترة خزن ممكنة

وتقسم المنتجات الزراعية تبعا لمتطلبات الحرارة المثلى للخزن إلى قسمين:

**أولا : الفواكه والخضروات شبة الاستوائية Climacteric Fruits** وهي الثمار التيتدخل مرحلة الكلايمكتيريك لعد الحصاد وخلال عملية النضج تنتج غاز الايثيلين نتيجة زيادة معدل التنفس Respiration. يتم جني هذه الثمار صلبة وخضراء ليتم نضجها تماما قبل الاستهلاك لأنها حساسة جدا ولا تتحمل فترارت الخزن والنقل. تتطلب درجات حرارة بعيدة عن درجة انجمادها ورطوبة ثابتة مثل الموز التفاح الكيوي الجوافا التين حيث يتطلب الموز حرارة خزن متوسطة من 13-16مْ. كما إن هذه المنتجات تتلف بسرعة إذا تم خزنها في حرارة قريبة من الصفر المئوي.

**ثانيا : الفواكه والخضروات الاعتيادية Non-Climacteric Fruits** وهي الثمار التي تتوقف فيها عملية النضج بمجرد جنيها وحصادها وتنتج كمية ضئيلة جدا من الايثلين ولا تحدث زيادة في معدل التنفس Respiration او انتاج غاز CO2. من امثلتها البرتقال وباقي الحمضيات البطيخالكرز التوت البري الفراولة العنب واللهانة والخس. تفضل درجات الحرارة القريبة من درجات انجمادها مثل (صفر مْ ).

### 2 – الرطوبة :

يحدد مقدار الفقد في وزن المادة الغذائية المخزونة بمقدار الفرق الحاصل بين ضغط بخار الماء على سطحها من جهة وبين ضغط البخار السائد في غرفة الخزن وكلما كان الفرق كبيرا زاد التبخر من على سطح المواد الغذائية لذلك يجب إن تكون نسبة الرطوبة عالية عند الخزن على إن لا تكون عالية جدا بحيث تتكثف على اسطح المادة الغذائية مما يساعد على نمو الإحياء المجهرية خصوصاً العفن.

إن الرطوبة النسبية المثلى هي حوالي 85-90% في مخازن الفواكه ومعظم الخضروات مثل البزاليا والخيار إما بالنسبة للخضروات الورقية كالخس والجذور اللحمية مثل الجزر فإنها اعلى بقليل.

DR. NAMEER

## 3 – التهوية :

إن تحريك الهواء بشكل معتدل يساعد على الاحتفاظ بحرارة ورطوبة متجانسة داخل غرف الخزن كما انها تساعد بإعطاء تركيب متجانس للهواء الموجود خصوصا في حالة الهواء المعدل من حيث نسبة الاوكسجين وثاني اوكسيد الكربون. وقد توضع مواد لها القابلية على امتصاص الروائح مثل مسحوق الفحم الفعال وبعض المساحيق الأخرى على إن لا تستعمل هذه المواد داخل غرف إنضاج الفواكه لأنها قد تمتص بعض الغازات الفعالة في عملية الإنضاج.

## 4 – التنظيف والسلامة الصحية

يجب اتخاذ اساليب تعقيم كفيلة بتنظيف المخازن وغسلها بمواد مطهرة مضادة لنمو الاحياء المجهرية.

- **التبريد المسبق Pre-cooling:**

هو عملية تبريد الفواكه والخضروات بعد قطفها (بعد الحصاد ) مباشرة وقبل تسويقها (قبل بيعها) أو إدخالها المخازن المبردة حيث تعتبرعملية مهمة لحفظ النوعية وعدم السماح للنمو المايكروبي والتغيرات الحيوية. تتم عملية التبريد المسبق Pre cooling للغذاء قبل وضعه في المخزن المبرد خشية تذبذب درجة حرارة المخزن وتلف الاغذية المخزونة.

**فوائد التبريد المسبق**

1 – المحافظة على جودة الفواكه والخضروات

2 – عدم السماح للتغيرات الحيوية في أن تؤثر على المنتج ( الفواكه والخضر )

3 – يحافظ على المواد المخزونة مسبقا في غرف التبريد (حيث يكون الفارق بين حرارة المواد الداخلة حديثا وتلك المخزونة مسبقا قليل )

4 – لا يؤثر على رفع الحرارة للأغذية المخزونة في غرف التبريد

5 – عدم استهلاك (المحافظة ) على كفاءة أجهزة التبريد في المخازن

**الطرائق المتبعة في الحصول على التبريد المسبق :**

1 – التغطيس في أحواض الماء البارد بعد القطف مباشرة كما في حالة تبريد الكرز والعنب وقد تستعمل مع الماء بعض المواد المعقمة والمطهرة للتخلص من الفطريات الموجودة على سطح الثمار.

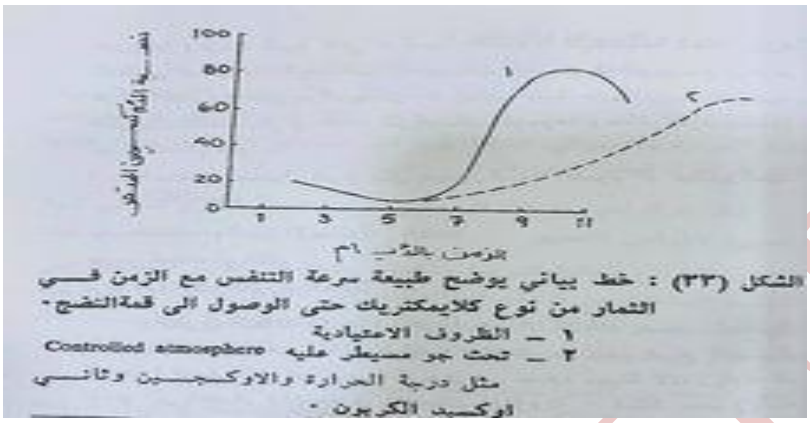
2 – التبريد بالهواء البارد حيث تعرض الفواكه والخضروات بعد القطف إلى تيارهواء بارد.

3 – استعمال الضغط المنخفظ حيث تعرض الخضروات بعد القطف إلى ضغط منخفض ونتيجة لذلك يتبخر جزء من المحتوى الرطوبي مسبباً خفض درجة الحرارة وتستخدم هذه الطريقة مع الخضروات الورقية مثل الخس واللهانة يفضل رش هذه الخضروات بقليل من الماء لتلافي ظهور علامات الذبول.

## الخزن في الجو المعدل Modified Atmosphere Packaging (AMP)

يقصد به عملية تغيير مكونات الهواء في غرف التخزين بشكل دقيق وبنسب مقررة مثل ويقصد به تقليل نسبة الاوكسجين الجوي O2من 21% الى 3% ورفع نسبة ثاني اوكسيد الكربون CO2 من 0.03% الى 2-5% والباقي غاز النيتروجين 92 - 95% ويجب أن لا تقل نسبة الاوكسجين عن 3% في العلبة لتجنب التحول الى

التنفس اللاهوائي إذ يعتبر وسط مناسب لنمو البكتريا اللاهوائية وسبوراتها مثل *Clostridium botulinum*. فبالنسبة للثمار الكلايمكتيريكية (ذات التنفس العالي بعد الجني) فان استعمال التبريد يقلل سرعة التنفس والجو المسيطر عليه يقللها بصورة اضافية اذ يصبح منحنى التنفس اقل انحدار




الشكل (٣٣) : خط بياني يوضح طبيعة سرعة التنفس مع الزمن في الثمار من نوع كلايمكتريك حتى الوصول الى قمة النضج.
١ ـ الظروف الاعتيادية
٢ ـ تحت جو مسيطر عليه Controlled atmosphere
مثل درجة الحرارة والاوكسجين وثاني اوكسيد الكربون .

حيث ادى استعمال الجو المسيطر عليه الى تاخير بداية النضج في اليوم 12 بدلا من السادس . ان وصول الثمار الى قمة النضج يجعلها اقل تحملا لهجوم الاحياء المجهرية بسبب التحولات في السايتوبلازم للخلية مما يعجل في موتها.

## تبريد اللحوم :

تعرض اللحوم الحمراء (مثل لحوم الأبقار والجاموس) إلى درجة حرارة الصفر المئوي لمدة 3-5 أسابيع لإغراض التعتيق وتحسين القوام أما الرطوبة المثلى في غرف تبريد اللحوم هي 90% لمنع او تقليل فقدان الوزن الحاصل اثناء التبريد الذي تسببه انخفاض نسبة الرطوبة, ان ارتفاعها يسبب نمو الفطريات. وتحتوي غرف التبريد على الأشعة فوق البنفسجية بطول موجي 270 نانوميتر لتأثيرها الفعال ضد الاحياء المجهرية المحبة للبرودة خاصة الفطريات والاعفان ومنعها من النمو على السطح لكن هذه الأشعة تسرع من عملية الأكسدة. يفضل ان تستخدم غرف منفصلة لتبريد اللحوم ثم تنقل الى غرف التخزين لتفادي حدوث تقلبات مستمرة في درجة الحرارة نتيجة دخول وخروج اللحم بصورة مستمرة. وبالامكان زيادة فترة حفظ اللحوم بالتبريد عن طريق خفض درجة الحرارة الى -1مْ كما يمكن اضافة غاز $CO_2$ بنسبة 10-15% ليؤدي نفس الغرض وكلما زاد تركيز الغاز تزداد مدة الحفظ لكن ذلك يؤدي الى تلون اللحم باللون البني نتيجة تحول صبغة الهيموكلوبين الى صبغة ميتاهيموكلوبين.

ان ظروف ذبح الحيوان تؤثرعلى جودة اللحم المبرد حيث ان الحيوانات التي تكون في حالة راحة عند ذبحها تكون محتفظة بالكلايكوجين في عضلاتها وبعد الذبح يتحول الكلايكوجين الى حامض اللاكتيك ذو التاثير الحافظ ويحسن من جودة اللحم اثناء حفظه بالتبريد اما الحيوانات التي تتعرض للتهيج قبل الذبح فانها تستهلك الكلايكوجين المخزن في عضلاتها ولا يبقى الا القليل الذي يمكن ان يتحول الى حامض اللاكتيك ولهذا تقل درجة احتفاظها بجودتها .

تكون درجة حرارة الذبائح بعد نحر الحيوان 37.7 مْ ويتوجب خفضها الى (0-(-1))مْ وقد تترك لحوم الابقار الجيدة بحدود الصفر المئوي لمدة 3-5 اسابيع لغرض التعقيق Aging وتحسين القوام وتستعمل لهذا الغرض الذبائح ذات النوعية العالية والمغطاة بطبقة من الدهن للمحافظة على الانسجة الداخلية على ان تزال هذه الطبقة عند تسويقها وعادة يكون المخزن بمواصفات عالية ويحتوي على مصابيح الاشعة فوق البنفسجية والرطوبة المنتظمة 90%.

## تبريد الأسماك :

الأسماك الطازجة أكثر عرضة للتلف من اللحوم الحمراء لذلك تضاف قطع الثلج المكسرة إلى الأسماك بعد الصيد مباشرة وتحفظ كذلك لحين التسويق ومن الصعب حفظ الأسماك أكثر من 2-3 اسابيع حتى درجة الصفر المئوي لأنها سرعان ماتفقد رائحتها ونكهتها الطازجة وتحل محلها رائحة غير مرغوبة ويفضل تجميد الأسماك بعد صيدها وتسويقها مجمدة.

**تبريد البيض :**

يخزن البيض قريبا من درجة انجمادة حوالي -1 الى -1,5مْ على إن لايتعرض للتجميد حيث يسبب ذلك كسر القشرة الخارجية وتلف المواد البروتينية والرطوبة المثلى 82-85% وإذا قلت الرطوبة عن هذا الحد يسبب جفاف البيض وكبر حجم الفقاعة الهوائية إما إذا زادت الرطوبة عن هذا الحد فيسبب التعفن .

**أهم الإضرار الناتجة عن الخزن بالتبريد :**

1 – الذبول اوالجفاف أي فقدان كمية من الرطوبة للمادة وذلك يعتمد على رطوبة المخزن

2 – الإعمال الحيوية غير المرغوبة

تتأثر الإعمال الحيوية داخل الثمار بالحرارة المنخفضة خاصة بعد القطف فمثلا الطماطم الغير ناضجة وعند خزنها على 2مْ لمدة ثلاثة أيام بالتالي يصعب إنضاجها وهكذا بالنسبة للبطاطا حيث تزداد فيها نسبة السكريات بسب تحلل النشا مما يجعلها تميل للون الغامق عند ذلك يفضل استخراجها من الثلاجات وخزنها على درجة 15مْ لبضعة أيام قبل استعمالها في صناعة الجبس مثلاً.

## ثانيا :الحفظ بالتجميد

### أساس الحفظ بالتجميد:

يعني التجميد خفض درجة حرارة المادة الغذائية إلى مادون الصفر المئوي بحيث تتصلب السوائل الموجودة داخلها. إن تجميد الخضروات يكون أفضل مقارنة مع الفواكه حيث إن الخضروات لها قوام سليلوزي يربط خلاياها مع بعضها ولا تصبح هشة إضافة إلى إمكانية تجميدها قبل النضج أما الفواكه فتصبح هشة وتفقد عصارتها عند الإذابة بالأضافة إلى تغيير لونها.

لكي تبقى الأغذية في حالة انجماد دائم طوال فترة الخزن لابد أن تكون حرارة المجمدات (اقل من درجة انجماد الأغذية وتعتبر درجة –18°م فأقل افضل درجة لخزن الأغذية المجمدة اذ انه عند هذه الدرجة المنخفضة من الحرارة ٌيحدث بطيئ شديد للتفاعالت الكيميائية غير الانزيمية كما تأخر من فعل الانزيمات. حيث يتوقف نمو الأحياء المجهرية تماما ويتحول الماء الحر free water الى الحالة الصلبة. ان التجميد لا يقضي على الأحياء المجهرية تماماً بل يقلل عددها حيث يحدث تثبيط للاحياء الدقيقة التي تتحمل درجات الحرارة المنخفضة. لابد من القضاء على فعالية الانزيمات بطرائق مثل التجميد لانها عند درجة حرارة –18°م لا تتوقف فعالياتها نهائياً بل يمكنها تغيير صفات الغذاء المجمد ببطئ ويمكن ملاحظة ذلك عند خزن اللحوم والدواجن وظهور روائح بتأثير نشاط انزيمات الدهون او عمليات الأكسدة للدهون التي لا تتوقف نهائياً طالما يتوفر الاوكسجين.

و توجد مجموعة من **طرائق التجميد** وهي:

**(1) – التجميد البطيء: هو** الخزن على درجة حرارة (- 18 مْ) وتستغرق فترة التجميد البطيء يوم كامل تقريبا وتكون هذه في غرف خاصة بالتجميد والخزن معاً في حالة بعض مخازن التجميد أو المجمدات المنزلية وهذه الطريقة غير مرغوبة تجاريا بسبب بطيء عملية التجميد وما يصاحب ذلك من مساوئ وعيوب.

عيوب الخزن بالتجميد البطيء:



DR. NAMEER

**أ–** حجم بلورات الثلج المتكون كبيرة نسبية مما يسبب تلف ميكانيكي ضار على الأنسجة وتتكون هذه البلورات الثلجية خارج الخلايا وهذا يؤدي إلى زيادة كمية السائل المنفصل اثناء عملية الصهر وتصل إلى 20% مما يؤدي إلى فقد المادة الغذائية لخواصها.

**ب–** يؤدي طول المدة التي تتعرض فيها المادة إلى درجات حرارة مرتفعة نسبيا قبل تجميدها إلى نشاط الأحياء الدقيقة.

**ج–** الفترة اللازمة للتجميد طويلة قد تستغرق عدة أيام

**(2) – التجميد السريع Fast Freezing:** تتميز هذه الطريقة بسرعة التجميد حيث يتم تجميد الغذاء خلال فترة تتراوح بين ( بضع دقائق إلى عدة ساعات ) تصل درجة حرارة غرفة التجميد السريع إلى (-43 مْ ). حجم بلورات الثلج المتكون صغيرة ولا تسبب أي تلف للأنسجة وتتكون هذه البلورات الثلجية داخل الخلايا وهذا يؤدي إلى تكون كمية السائل المنفصل أثناء عملية الصهر قليلة جدا وتصل إلى 0.5% مما يؤدي إلى المحافظة على القيمة الغذائية. ويؤدي قصر المدة المستخدمة في التجميد إلى توقف نشاط الأحياء الدقيقة. يشمل التجميد السريع:

**1. التجميد بالتماس المباشرContact Freezing:** ويتميز بوضع المادة الغذائية بتماس مباشر مع جهة التبريد وخفض الحرارة وتشمل طريقتان هما:

أ – الغمر في محاليل ذات حرارة منخفضة كأن يكون محلول ملحي مبرد ( -30مْ )

ب – طريقة الرفوف المعدنية المتحركة

**2. التجميد بتيارات هوائية شديدة** وتعتبر من الطرائق المفضلة في المحلات التجارية المنتجة لكميات كبيرة من المواد المجمدة كما في طريقة الإنفاق.

**(3) – التجميد الفائق السرعة Ultrafast Freezing:** يقصد به التجميد في فترة قصيرة جدا لاتتجاوز 5 دقائق مع استخدام ضغط عالي مما يؤدي إلى تكوين بلورات ثلج صغيرة في وقت قصير مما يقلل بطريقة ملحوظة من السائل المنفصل ويحسن من خواص الجودة للمنتج النهائي. وهي طريقة شائعة الاستعمال في السنوات الاخيرة باستعمال غازات التبريد المضغوطة Cryogenic وهي في حالة سائلة والتي تكون ذات درجة غليان واطئة جداً ومن امثلتها النتروجين وثاني أوكسيد الكربون واوكسيد النتروز وتبلغ درجة غليانها – 19.5°م, –97°م, –88.2°م على التوالي. بالاضافة الى غاز الفريون السائل وغيرها حيث تصل درجة الحرارة في هذه الغرف إلى ( -86 مْ ) ومن فوائد هذه الطريقة :

1. سرعة تجميدها كبيرة لانخفاض درجة غليانها لان الفرق بين درجة غليانها وحرارة الغذاء عالية جدا.
2. الاتصال المباشر مع وسط التبريد يساعد على سرعة نفاذية الحرارة الى وسط التجميد وبالتالي سرعة التجميد.
3. تعتبر تجميد مباشر لاحتكاك سائل التبريد بالغذاء وقد تكون مغلفة أو بدون غلاف.
4. يمكن المحافظة على صفات المحصول.
5. يمكن استخدامها بشكل مباشر وسريع ومستمر فهي طريقة مستمرة ممكن ربطها مع طرائق تصنيع أخرى بشكل مستمر.

DR.NAMEER

6. يتم استخدام الطريقة بدون اعداد او حاجة الى مجمدات وتشغيلها طوال السنة وتجمد بهذه الطريقة الفواكه والخضراوات واللحوم .

**ومن العوامل التي تتحكم في كلفة التجميد الفائق السرعة هي:**

1 – الحرارة البدائية للغذاء المراد تجميدة

2 – مقدار المحتوى الرطوبي للغذاء

3 – كمية الغذاء المار في نفق التجميد وسرعة مرورها

4 – التبادل الحراري إي سرعة فقد الغذاء للحرارة وكذلك كمية الحرارة الممتصة

5 – سرعة خروج الغاز المتبخر إلى خارج نفق التبريد

**تجميد اللحوم**

أوضحت الدراسات الأخيرة على اللحوم إن صفات اللحم الطري قبل التجميد لها تأثير مباشر على ثباته وحفظه أثناء التجميد والخزن وعلى صفاته عند الإذابة والاستهلاك

- إذا اجري التجميد بعد الذبح مباشرة وقبل إن ينخفض الرقم الهيدروجيني في التجميد ومازال الرقم الهيدروجيني حوالي 6,7 أو أكثر فان اللحم المتجمد سيكون غامق اللون وصلب
- إذا بقي اللحم بعد الذبح فترة معينة وتم تجميده قبل إن تحدث حالة التيبس الرمي إي قبل إن يصبح الرقم الهيدروجيني بحدود 6.1 فان اللحم سيكون طبيعيا من حيث اللون وقابلية الاحتفاظ بالعصارة
- إما اذا ترك اللحم حتى حدوث حالة التيبس الرمي وتم تجميده إي الرقم الهيدروجيني اقل من 6 فان اللحم سيكون فاتح اللون ورخو ويفقد عصارته عند الاذابة

**الأضرار التي تحصل في المواد المجمدة**

تكون الإضرار أكثر وضوحا عند الإذابة والاستعمال ومن أهم الأضرار

**أولا: فقد العصارة**

عند الإذابة تفقد المواد المجمدة جزء من عصارتها والكمية المفقودة تعتمد على عوامل متعددة أهمها:

1 – سرعة التجميد : إذا كان التجميد سريعا فان فترة بقاء الغذاء في منطقة الحرارة الحرجة بين الصفر و-5مْ تكون قليلة لهذا فان البلورات الثلجية تكون اصغر حجما وقلة في تمزق جدران الخلايا وبالتالي منع تسرب العصارة عند الإذابة

2 – نوع الغذاء : ففي حالة اللحوم مثلا ليس هنالك فرق في كمية الفقد في العصارة سواء تم التجميد بالطريقة البطيئة أو السريعة أما الفراولة ( الشليك ) فان الفقد قد يصل إلى 20% في حالة التجميد البطيء إما في حالة التجميد السريع يصل إلى 5%

3 – تغيرات درجة الحرارة إثناء الخزن : يؤدي هذا إلى زيادة حجم البلورات الثلجية مما يسبب فقدان اكبر عند الإذابة

**ثانيا: التلف الإنزيمي**

DR. NAMEER

الأغذية الطازجة كاللحوم بأنواعها والأسماك لاتتعرض للسلق قبل التجميد ولهذا فان الإنزيمات تبقى فعالة في هذه الأنسجة حتى في الحرارة المنخفضة جدا مثل -73 مْ لكن سرعة نشاطها تكون بطيئة في مثل هذه الدرجات مقارنة بالسرعة المثلى في حرارة 37مْ بالنسبة للأنسجة الحيوانية الطازجة. تمزق الأنسجة النباتية والحيوانية اثناء الانجماد يؤدي الى اطلاق الانزيمات المرتبطة بالخلية فهنالك انزيمات في العضلات تنطلق عند التجميد ومن ثم عند الاذابة.

**ثالثا : التغيرات التاكسدية**

بوجود الاوكسجين تبقى الأغذية المجمدة عرضة لمهاجمة الدهون من قبل الأوكسجين مما يسبب تزنخها وإنتاج روائح غير مرغوبة وفقد في اللون وبما أن التجميد يؤدي الى تركيز المذاب (المواد الصلبة الذائبة) مما يساعد على بدأ تفاعلات الأكسدة وتمزيق غلاف الخلية معرضة الفوسفوليبيدات في جدار الخلية للأكسدة وخاصة انها تحوي احماض دهنية غير مشبعة فهي نقطة البدء في الأكسدة في النسيج العضلي وفي البزاليا المجمدة 21-18°م يمكن انتاج نكهة غير مرغوبه بفعل انتاج الهيدروبيروكسيدات خصوصا في البزاليا وتعود اكسدة الدهون الى انزيم lipid hydroperoxide lipoxygenase ونواتج تحللها للدهون، كما يحصل في الأسماك المجمدة خلال الخزن تحلل واكسدة الدهون وإنتاج أحماض دهنية حرة تتأكسد أولاً ومن ثم الكليسيرات الثلاثية. وفي الدواجن يحصل تحلل الدهون واكسدة في فترات الخزن الطويلة 12 شهر فما فوق وخاصة اذا كانت مقطعة مما يعرض أكبر مساحة سطحية للاوكسجين. ويمكن منع الأكسدة بالأنزيمات الفينولية عن طريق:

1 – القضاء على الأنزيمات بعملية السلق الخفيف قبل التجميد

2 – إضافة مواد تسبب الاختزال مثل ثاني اوكسيد الكبريت $SO_2$

3 – إزالة الهواء باستعمال غاز النتروجين أو التعريض إلى ضغط واطئ كما في حالة عصير الفواكه

**رابعا : القيمة الغذائية**

القيمة الغذائية بالتجميد وإنما كلما انخفضت درجة الحرارة زاد الاحتفاظ بالقيمة الغذائية بشكل أفضل وإذا حصل نقص قليل في بعض الفيتامينات فأنة ناتج من تأثير عملية السلق الخفيف قبل التجميد

**خامسا : تغيير القوام**

إن التجميد يؤثر على القوام تأثيرا ضار حيث يؤثر على الصفات للغذاء خاصة عند الإذابة لهذا يفضل حفظ الغذاء الطازج بدرجات حرارة التبريد إذا كانت فترة الخزن قصيرة إما إذا كانت الغاية هي حفظ الغذاء لفترة طويلة يجب استعمال حرارة اقل من الانجماد بكثير والمحافظة على درجات الحرارة للخزن من التذبذب

**سادسا : الإحياء المجهرية**

إن كل البكتريا والفطريات بشكل عام لايمكنها النمو في درجة حرارة اقل من -12مْ إما البكتريا المرضية مثل Salmonella و Clostridium و Staphylococci فإنها لاتنمو في حرارة اقل من -3مْ وان الإضرار التي تحدثها هذه البكتريا تكون عادة في الغذاء نتيجة للتلوث بعد السلق وقبل التجميد

**سابعا : الزيادة في حجم المواد المجمدة**

إن حجم الماء يزداد عند الانجماد بمقدار 9% وهذه الزيادة في الحجم قد يسبب تمزق اوتشقق العبوات أو الأكياس البلاستيكية المستعملة ويجب إن يؤخذ هذا بنظر الاعتبار عند التعبئة

**ثامنا : الاحتراق الانجمادي Freezing burn**



DR. NAMEER

يحدث الانحراق الانجمادي عند خزن الأغذية المجمدة في مخازن ذات درجات حرارة متغيرة وذات نسب واطئة من الرطوبة فان ذلك يؤثر على البلورات الثلجية الموجودة تحت الطبقة السطحية للغذاء مباشرة فتحصل للبلورات عملية تسامي ( تبخير ) تاركة فراغات مملؤة بالهواء بين الجزيئات البروتينية ويظهر سطح الغذاء فاتح اللون او ابيض ويمكن خلال الطبخ ازالته بتشبع الماء مرة أخرى، ويحصل ذلك في اللحوم الغير مغلفة وخاصة عند التجميد تحت تيار هواء سريع تزيد عن (2.5 متر / ثانية) ويمكن تفاديه برفع نسبة الرطوبة في جو التجميد او بتخفيض الحرارة مع التغليف الجيد كما يزداد فقد الرطوبة عند دورة التجميد أي تغير دائم في درجة الحرارة وعدم ثباتها عند درجة واحدة وهذا يسمى الاحتراق الانجمادي.

DR. NAMEER