الفصل السابع عشر

حفظ الأغذية بالتجميد

التجميد البطيء . التجميد السريع . تجميد الأسماك . تجميد الجمبرى . تجميد الدواجن . تجميد اللحوم . تجميد الجيلاتى . تجميد القشدة . تجميد اللبن . تجميد الزبد . تجميد البيض . تجميد الفاكهة . تجميد عصير الفاكهة . تجميد الخضروات . القيمة الغذائية للأغذية المجمدة . الفقد فى القيمة الغذائية أثناء التحضير للتجميد . مكونات الأغذية المجمدة . ميكروبيولوجيا الأغذية المجمدة . تركيز العصير بالتجميد . أسس التركيز بالتجميد . الطرق الصناعية للتركيز بالتجميد . تجفيف الأغذية بالتجميد (التجفيد) . أسس التجفيد . تجفيد بعض الأغذية . عصير البرتقال . الجمبرى . اللحوم . معدات التجفيد . تجميد عصير الفاكهة المركز بالتبخير . أسس التركيز بالتفريغ . أنواع أجهزة التبخير . تركيز عصير البرتقال بالتجميد والتفريغ . تركيز عصير الليمون . تركيز عصير التفاح . تركيز عصير الكريز . تركيز عصير الكمثرى . نقل الأغذية المجمدة . نظافة مصانع تجميد الأغذية . مراقبة الجودة فى مصانع تجميد الأغذية . طرق تقدير جودة الأغذية المجمدة . الخضروات . الفاكهة . الأسماك . اللحوم . الطيور . مركز صناعة التجميد بجمهورية مصر العربية .

لما كان تخزين الأغذية فى الغرف المبردة على درجات حرارة تعلو درجات تجمدها يسمح بحفظها لمدة محددة فقط ، أى أسبوعان للأسماك وشهر ونصف للحوم وسنة للتفاح فى الجو المعدل بالغاز ، لذلك يتحتم تجميد هذه الأغذية إذا أريد حفظها لمدد أطول . وكلما انخفضت درجة حرارة التخزين كلما أمكن المحافظة على نكهة وقوام المادة الغذائية المجمدة . لكنه يقال بصفة عامة أن الأغذية المجمدة تكون أقل جودة من الأغذية الطازجة . ويجب عند تجميد الأغذية العناية تماماً بعمليات الانتخاب والفرز والتحضير والتعبئة والتجميد والتخزين منعاً لفساد المنتجات .

ويكتمل تجميد المواد الغذائية خلال ١٢ إلى ٧٢ ساعة فى حالة اتباع طريقة التجميد البطئ Slow or sharp freezing . وهذه الطريقة متبعة بكثرة فى تجميد وحفظ الفاكهة والدواجن المعبأة بكميات كبيرة داخل صناديق والأسماك . ونظراً لطول مدة التجميد فى هذه الطريقة البطيئة فإن معظم الماء فى المواد الغذائية يتجمد متحولاً إلى ثلج ، وهذا الثلج ينصهر عند إعادة المواد الغذائية إلى درجة حرارة الجو مما يترتب عليه سيولة جزء كبير من الماء وخروجه من المادة الغذائية . وكثيراً ما يحتوى السائل المنفصل drip على بعض البروتينات وعوامل النكهة مما يؤدى إلى إضعاف نكهة المواد الغذائية وتقليل جودتها . وكذلك يؤدى انفصال هذا الماء إلى حدوث بعض التغير فى تركيب البروتينات denaturation نتيجة للجفاف وبذلك تصبح هذه البروتينات غير قادرة على إعادة امتصاص العصارة المنفصلة بعد خروج المواد الغذائية من غرف التجميد . أما التجميد السريع للأغذية فيترتب عليه تكون بلورات ثلجية دقيقة تسبب تمزق الأنسجة بدرجة خفيفة فقط . كما أن البروتينات تتعرض لبعض التغيرات الطفيفة . وفى هذه الطريقة السريعة تستطيع البروتينات

إعادة امتصاص العصارة المنفصلة أثناء إنهاء حالة التجمد thawing وهذا يؤدى إلى تحسين نكهة وقوام المادة الغذائية . ومن أبرز مزايا التجميد السريع أيضاً بالإضافة إلى ماسبق ذكره هو سرعة العملية مما يحول دون حدوث التحلل للمواد الغذائية بفعل البكتريا والخميرة والفطريات .

والأطعمة المجمدة بالطريقة السريعة تتشابه مظهرياً بعدصهرها مع الأطعمة الطازجة بسبب احتفاظ بروتيناتها وغروياتها بتكوينها الطبيعى ، كما أنها تكون أفضل طعماً وقواماً ورائحة وشكلاً وقيمة .

التجميد البطىء :

يجرى تجميد الأغذية بالطريقة البطيئة على درجة —١٠° فهرنهيت . وقد تصنع مواسير التبريد فى ثلاجات التجميد البطىء Sharp freezers على هيئة أرفف توضع فوقها المواد الغذائية لتجميدها . كذلك قد تزود هذه الثلاجات بمراوح لدفع الهواء فيؤدى ذلك إلى الإسراع فى عملية التجميد .

التجميد السريع :

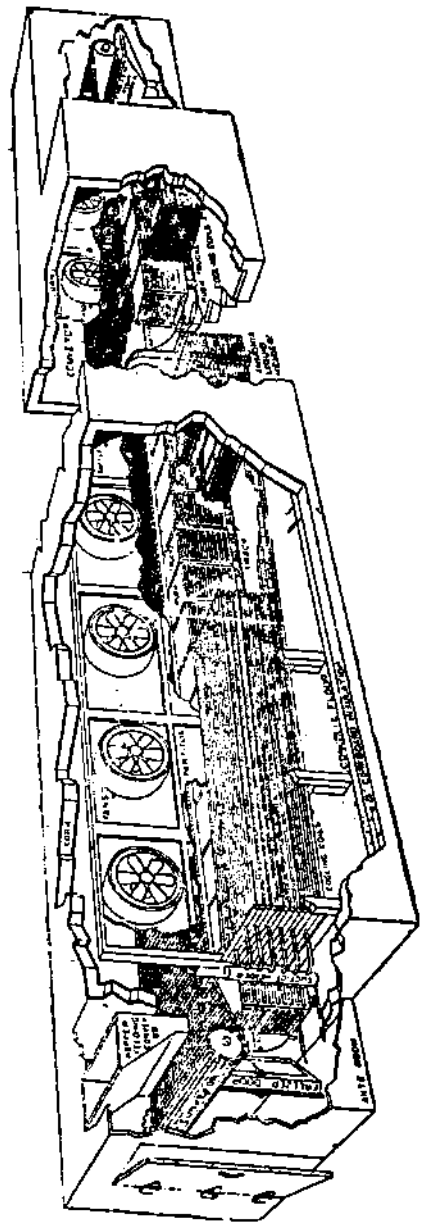
يجرى التجميد السريع للمواد الغذائية باتباع إحدى الطرق الثلاث التالية ، أو باستخدام طريقتين معاً . وتجرى العملية على درجة — ٤٠ إلى — ٥٠° مئوية فتستغرق حوالى نصف ساعة ، وتخزن الأطعمة المجمدة على درجة — ٢٠° مئوية :

١ — الغمس مباشرة Direct immersion فى وسط مبرد كالمحلول الملحى brine freezing .

٢ — التبريد غير المباشر indirect contact باستخدام مادة مبردة كأن تنتقل البرودة إلى المادة الغذائية عن طريق صفائح معدنية .

٣ — التعريض لتيار الهواء البارد convection in a blast of cold air .

وأقدم نظم التجميد السريع هو نظام الغمس المباشر Immersion freezing



(شكل ٩٩) نفق التجميد

air blast tunnel freezer

المعروف قديماً باسم brine freezing . ويستخدم فى هذا النظام محلول ملحى لتجميد الأسماك أو محلول سكر محول لتجميد الفاكهة والخضروات . ويؤدى استخدام المحلول الملحى إلى رفع نسبة الملوحة فى الأسماك . وتتبع طريقة التجميد غير المباشر فى الأسماك حيث تعبأ الأسماك فى العلب الصفيح وتغمس هذه فى المحاول الملحى المبرد حتى تتجمد .

وعموماً يتوقف التجميد وسرعته فى أى من الطرق السابقة على ما يلى :

١ — درجة حرارة غرف التجميد ودرجة الحرارة الابتدائية للمواد الغذائية المراد تجميدها .

٢ — نوع المادة الغذائية ونوع التعبئة وحجم العبوة ، فكلما صغر حجم العبوات كان التجميد أسرع .

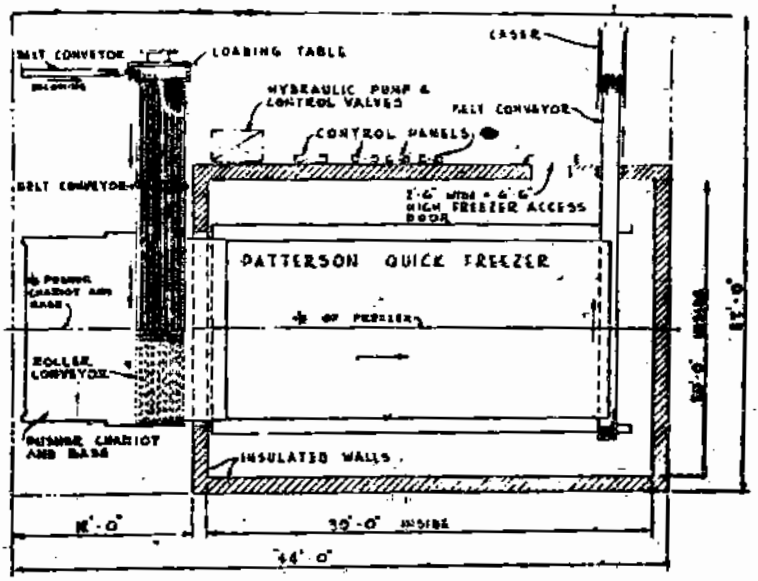
٣ — كفاءة التبريد ، وتتوقف على النظام المستخدم سواء كان النظام المباشر أو الغير مباشر ، وكذلك على السعة التبريدية للثلاجة ومدى فقد الحرارة بالتوصيل أو بالإشعاع أو بهما معاً .

٤ — مدى ملء غرف التبريد ، فكلما كان حجم المادة الغذائية قليل بالنسبة لحجم غرف التجميد كلما كان التجميد أسرع .

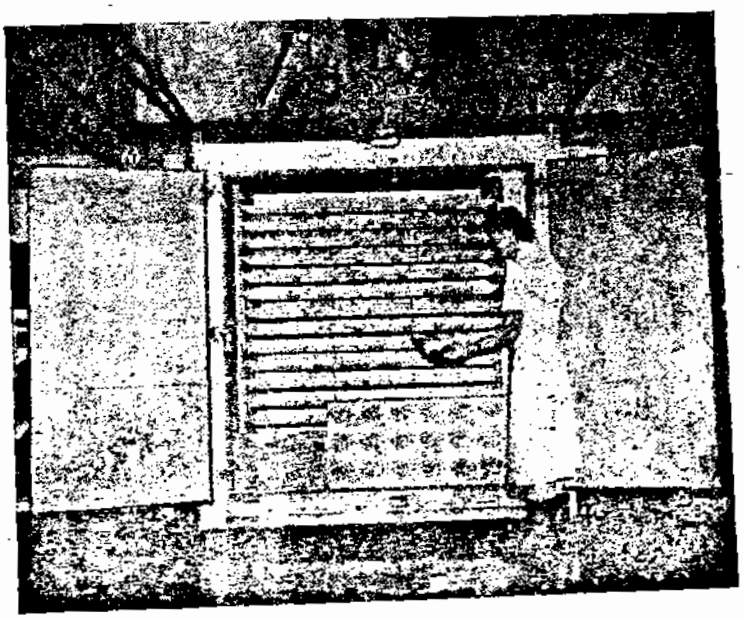
٥ — حركة الهواء ، إذ وجد أن وضع مراوح فى الثلاجة تساعد على سرعة التجميد .

تجميد الأسماك :

تجمد الأسماك الطازجة بمجرد صيدها ، وفى حالة تعذر ذلك تحفظ الأسماك مغطاة بقطع الثلج حتى يحين وقت تجميدها . وتفضل طريقة التجميد السريع على التجميد البطىء . فى التجميد البطىء تعبأ الأسماك فى علب معدنية مستطيلة الشكل تتسع كل منها لحوالى ٢٥ إلى ٣٥ رطلاً ، وترص العلب على مواسير التجميد المهيأة فى شكل أرفف . ويوجد بقاع العلبة بضعة ثقوب بقطر $\frac{3}{8}$ إلى $\frac{1}{2}$ بوصة تسمح بتساقط السائل . وبعد ٢٤ ساعة تكون الأسماك



(شكل ١٠٠) قطاع فى غرفة تجميد بالطريقة المستمرة



(شكل ١٠١) جهاز التجميد بالاتصال المباشر ذو الرفوف المعدنية

(شكل ١٠٢) جهاز التجميد الأسطوانى لتجميد الأغذية
المعبأة فى العلب الصفيح Round Shll Cau Freezer

قد تجمدت فتنزع من الصوانى وتغمس فى الماء البارد ثلاث أو أربع مرات لتغطى بطبقة من الثلج ثم تترك الأسماك فى الجو العادى برهة قصيرة للتخلص من الماء وبعدها تلف فى ورق مانع للرطوبة وترص فى صناديق خشبية وتخزن.

تجميد الجمبرى :

قد يسلق أو لا يسلق الجمبرى قبل تجميده . والطريقة السائدة للتجميد تتلخص فى قطع الرؤوس والغسيل والتعبئة فى علب كرتون مستطيلة الشكل سعة خمسة أو عشرة أرطال ، ووضع العلب على الأرفف فى ثلاجة التجميد البطىء . وبعد تمام التجميد يدهن سطح الجمبرى بالماء البارد وتعبأ العلب فى صناديق وتخزن . وفى حالة اتباع طريقة السلق يقشر الجمبرى أولاً ثم يسلق فى محلول ملحى يغلى تركيزه ٨ إلى ١٠ فى المائة لمدة ست دقائق تقريباً . وبعد أن يبرد الجمبرى المسلوق يعبأ فى العلب الكرتون أو العلب الصفيح ويجمد بالطريقة البطيئة ويخزن على درجة الصفر الفهرنهيتى .

وتخزن الأسماك والجمبرى المجمدان على درجة حرارة تتراوح بين صفر وعشرة تحت الصفر الفهرنهيتى . ويجب تحاشى حدوث أى تغيرات فى درجة الحرارة أثناء التخزين إذ أن هذا يؤدى إلى حدوث تغيرات فى الضغط البخارى مما يزيد من تعرض الأسماك للجفاف وضياع جزء من الثلج المترسب على سطح الأسماك وحدوث تبقع السطح Freezer burn . وينصح بتخصيص ثلاجات محددة لتخزين الأسماك منعاً لامتصاص بعض الأغذية الأخرى لرائحة الأسماك .

تجميد الدواجن :

تذبح الفراخ ويزال عنها الريش وتفتح البطن لفحص الأحشاء الداخلية وتقطع الرأس والرجلان وتزال الأحشاء ثم تغسل الفراخ جيداً ويلف القلوب والكبد والقونصه فى ورق بارشمنت وتوضع فى التجويف البطنى ، وتلف كل دجاجة فى كيس من الورق المانع لتسرب الرطوبة ، وأخيراً تجمد الفراخ بطريقة التجميد السريع وتخزن على درجة الصفر الفهرنهيتى أو على درجة أقل من الصفر . وهذه الاحتياطات بالغة الأهمية لأن الدهن فى الدجاج يعتريه الترنخ أثناء التخزين فى الغرف المبردة . فخفض درجة الحرارة يقلل من حدوث الترنخ ، كذلك تتعرض بعض أجزاء جلد الدواجن للجفاف بدرجة أكبر من الأجزاء الأخرى مما يؤدى إلى تبقع السطح وسوء المظهر Freezer burn ولذلك يلزم لف الدواجن فى ورق مانع للرطوبة عند تجميدها وتخزينها فى الثلاجات .

تجميد اللحوم :

عند تجميد اللحوم يفضل خفض درجة الحرارة إلى أقل حد ممكن فيؤدى ذلك إلى المحافظة على بريق اللحم وكذلك على زيادة قدرة غرف التجميد الإنتاجية وتقليل كمية السائل الذى ينفصل عقب انتهاء البرودة . فتجمد اللحوم خلال ٢٤ ساعة إلى ٣٦ ساعة على درجة — ٢٥° إلى — ٤٠° فهرنهيت ، أو خلال ٧٢ ساعة على درجة صفر إلى — ١٠° فهرنهيت . ويجب أن تكون

اللحوم أثناء تجميدها معلقة فى فراغ غرف التجميد يمر الهواء من حولها ، كما يفضل أن تلف كتل اللحم بالقماش . وتخزن اللحوم المجمدة على درجة الصفر الفهرنهيتى أو تحت الصفر بقليل . وينصح بتحاشى سرعة الهواء الزائدة فى غرف التجميد منعاً لتعرض بعض أجزاء اللحم للجفاف .

ولإعداد اللحوم للاستهلاك توضع هذه فى غرف ذات درجة حرارة متراوحة بين ٤٠° ، ٤٥° فهرنهيت ورطوبة نسبية ٩٥ فى المائة .

تجميد الجيلاتى :

يبستر مخلوط الجيلاتى بالتسخين على درجة ١٥٠° فهرنهيت لمدة نصف ساعة ، ويجنس باستخدام ضغط قدره ٢٠٠٠ إلى ٣٠٠٠ رطل على البوصة المربعة فى المرحلة الأولى ثم ٨٠٠ إلى ١٥٠٠ رطل فى المرحلة الثانية ، ويبرد المخلوط إلى درجة ٤٠° فهرنهيت ويترك على هذه الدرجة بضع ساعات ، وتجمد الجيلاتى فى أجهزة تبريد مستمرة أو تعمل بطريقة الوجبات . ويلزم تقليب المخلوط بشدة أثناء التجميد لإدخال أكبر قدر ممكن من الهواء فى الجيلاتى فيزداد الحجم overrun ، ولإسراع انتقال الحرارة وبالتالى إسراع التجميد ، ولجعل حجم البللورات صغيراً بقدر الإمكان . وعادة تسحب الجيلاتى من غرف التجميد عندما تبدأ فى التماسك وتعبأ فى علب معدنية أو من الورق وتخزن على درجة — ٢٠° فهرنهيت حتى تتماسك تماماً .

ومن مخاليط الجيلاتى المشهورة ما يلى :

١٢ — ١٤	فى المائة	دهن
١٥	»	سكر
١٠	»	جوامد لبنية خالية من الدسم
٠,٢ — ٠,٥	»	جيلاتين أو مادة مثبتة أخرى

تجميد القشدة :

تعبأ القشدة فى علب صفيح سعة ٣٠ إلى ٥٠ رطل وتجمد بطريقة التجميد السريع ، فتوضع على الأرفف فى غرف التجميد أو توضع فى الأنفاق ويسلط عليها تيار الهواء البارد . ويلاحظ أنه أثناء إعادة القشدة المجمدة إلى درجة حرارة الجو العادية thawing ينفصل جزء من دهنها .

تجميد اللبن :

يمكن حفظ اللبن بضعة أسابيع بتجميده بطريقة التجميد السريع ، فيبستر اللبن ويجنس ويبرد بسرعة ويعبأ فى العبوات المناسبة ويوضع فى نفق التجميد tunnel blast freezer على درجة ٣٠° تحت الصفر الفهرنهيتى حتى يتجمد ثم يخزن على درجة الصفر الفهرنهيتى أو تحت الصفر بقليل . ويمكن تجميد وتخزين اللبن المركز بنفس الطريقة .

تجميد الزبد :

يمكن حفظ الزبد على درجة الصفر الفهرنهيتى أو على درجة — ٢٠° فهرنهيت .

تجميد البيض :

يجمد بياض البيض أو صفار البيض أو مخلوطهما بتعبئته فى علب صفيح سعة ٣٠ إلى ٥٠ رطلا ووضع العلب فى غرف التجميد على درجة عشرة تحت الصفر الفهرنهيتى . وقد تزود غرف التبريد بتيار من الهواء .

ويلاحظ أن قوام ومظهر بياض البيض لا يتأثران بالتجميد ، أما الصفار فيتحول إلى الحالة الجيلية نتيجة للتجميد ولا يعود لطبيعته بعد رفع درجة حرارته . أما مخلوط الصفار والبياض فيكثف قوامه بتأثير التجميد .

تجميد الفاكهة :

تجمد نسبة كبيرة من الفواكه بطريقة التجميد البطيء Cold Pack Or Frozen Pack Fruit ، وتجمد نسبة ضئيلة من الشليك والخوخ بطريقة التجميد السريع . ويفضل تغطية الفاكهة بالشراب السكرى أو مزجها بالسكر عند تجميدها للمحافظة على نكهتها بمنع أكسدة عوامل النكهة وكذلك المحافظة على قوامها . فيمزج الشليك بما يقرب من نصف أو ثلث وزنه سكر . وتوضع عبوات الفاكهة الممتزجة بالسكر فى غرف التجميد على درجة عشرة تحت الصفر الفهرنهيتى المزودة بتيار من الهواء البارد . وبعد ٤٨ ساعة تنقل الفاكهة المجمدة إلى غرف التخزين المبردة لدرجة + ١٠ أو ١٥° فهرنهيت .

وتجمد بعض الفواكه بطريقة التجميد السريع فتغسل هذه الفواكه وتفرز وتجزأ وتمزج بما يوازى ربع أو خمس وزنها سكر وتعبأ فى صناديق من الورق وتقفل الصناديق وتلف بالورق وتوضع فى غرف التجميد السريع وتترك حتى تتجمد ثم تخزن على درجة الصفر الفهرنهيتى .

تجميد عصير الفاكهة :

بعض أنواع العصير لا تتغير صفاتها بالتجميد بينما البعض الآخر ، مثل عصير الطماطم والبرتقال ، تترسب منه نسبة من المكونات الصلبة أثناء التجميد والحفظ فى الثلاجات . ويمكن منع حدوث هذه الظاهرة بتجنيس العصير وتقليبه جيداً . ويجب إزالة جزء من الطرطرات قبل تجميد عصير العنب . كما يجب إزالة الهواء من عصير البرتقال قبل التجميد .

وعادة يبرد العصير إلى درجة ٤٥° فهرنهيت ويعبأ فى عبوات مناسبة بحيث لا يتجاوز تسعة أعشار حجم العبوة منعاً لانفجار العبوات عقب التجميد نتيجة لازدياد الحجم ، ثم يجمد العصير بطريقة التجميد السريع . وفى حالة إزالة الهواء من عصير البرتقال ينصح بتسخينه إلى درجة ١٩٠° فهرنهيت لقتل

الإنزيمات . ومن الطرق المتبعة فى تجميد عصير البرتقال إمرار العصير على أنابيب يجرى بها كحول مبرد بسرعة .

تجميد الخضراوات :

يعتبر التبريد والتجميد أفضل طرق حفظ الخضراوات . ويجب قتل الإنزيمات قبل تجميد الخضراوات وذلك بسلقها فى البخار أو الماء قرب درجة الغليان لمـــدة تكفى لوصول درجة حرارة مركز قطع الخضراوات إلى ٢٠٠° فهرنهيت . وتتلخص طريقة تجميد الخضراوات فى غسيل الخامات وفرزها وتجهيزها وسلقها حتى تمام قتل إنزيم الكتاليز ، وتبريدها إلى درجة ٦٠° فهرنهيت فى ماء بارد ، وإعادة فرزها ، وتعبئتها فى علب كرتون مانعة لتسرب الرطوبة ، وتجميدها بطريقة التجميد السريع ، وتخزينها على درجة الصفر الفهرنهيتى . وقد يضاف للخضراوات قبل تجميدها محلول ملحى تركيزه ٢٪ .

القيمة الغذائية للأطعمة المجمدة :

تعتبر الفواكه المعدة للتجميد غنية فى الكربوإيدرات وفقيرة فى كل من البروتينات والدهون . وهذه الفواكه يضاف إليها السكر أو الشراب السكرى عادة عند تحضيرها للتجميد ، وهذا يؤدى إلى ارتفاع نسبة الكربوإيدرات وخفض نسبتى البروتينات والدهون فى الفواكه المجمدة . وللسكر تأثير آخر على القيمة الغذائية فهو سهل الهضم ومصدر جيد للطاقة التى تنبعث منه بسهولة وبسرعة . وتحتوى الفاكهة على معادن الكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والفوسفور والحديد والكلور والكبريت والنحاس وغيرها ، إلا أن نسب هذه المواد غير العضوية تكون أكثر انخفاضاً فى الفاكهة عنها فى الخضراوات . وترتفع نسبة الكالسيوم فى الموالح والتوت والشليك عنها فى الفواكه الأخرى ، وترتفع نسبة الحديد فى المشمش عنها فى الفواكه المجمدة الأخرى ، ويعتبر جميع الحديد فى المشمش والخوخ والكريز قابلاً للامتصاص فى جسم الإنسان بينما ٥٢ فى المائة فقط من حديد الشليك يستفيد منه جسم الإنسان . والأحماض العضوية

فى الفاكهة ، كالستريك والطرطريك والماليك ، تهضم فى الجسم ، بينما حمضا البنزويك والكوينيك لا يهضمان . ويرجع التأثير القلوى للفاكهة على اليوريا إلى وجود المعادن القلوية ومعادن الأراضى القلوية فى الفواكه . ولا يظهر هذا التأثير القلوى عند تناول Cranberry لاحتوائه على حمضى البنزويك والكوينيك اللذين لا يهضمان فى جسم الإنسان . وتحتوى جميع الفواكه على كاروتين بنسب متفاوتة . وعادة يوجد الكاروتين فى الأجزاء الصلبة فى الفاكهة ولذلك فترشيح العصير يؤدى إلى فقد نسبة كبيرة مما تحتويه الفاكهة من الكاروتين . ويوجد الثيامين بنسبة معتدلة فى التفاح والكمثرى والبرقوق والقراصيا والأناناس وعصير البرتقال والجريب فروت المجمدة . ويوجد حمض الأسكوربيك بنسبة كبيرة فى عصير الليمون والبرتقال والشليك المجمد ، وبنسبة متوسطة فى الأناناس المجمد وبنسبة ضئيلة فى العنب والكريز والتفاح المجمدة . وعموماً تعتبر الفاكهة المجمدة فقيرة فى فيتامين د ، بينما يحتوى بعضها على نسبة معتدلة من الريبوفلافين ، مثل الخوخ والكمثرى والتفاح والبرقوق والقراصيا وعصير الجريب فروت . ومن المواد المهمة غذائياً فى الفاكهة البكتين والبروتوبكتين ، فبالرغم من أنهما لا يهضمان فى جسم الإنسان إلا أنهما يساعدان على إسراع مرور الكتلة الغذائية فى الجهاز الهضمى وإسراع خروج الفضلات غير المهضومة أو الممتصة وذلك بفضل الخواص الغروية للبكتين والبروتوبكتين ، وقدرة هذين المركبين على امتصاص الماء .

وتعتبر الخضراوات المعدة للتجميد منقسمة إلى قسمين رئيسيين ، هما الخضراوات الغنية فى الكربوإيدرات كالبسلة والفاصوليا اللبا والذرة السكرية والجزر ، والخضراوات المنخفضة الكربوإيدرات مثل عيش الغراب والقنبيط والبروكولى والأسبرجس والسبانخ . ويحتوى القسم الأول على خضراوات فقيرة فى البروتين كالجزر وأخرى بها نسبة معتدلة من البروتين كالبسلة والفاصوليا اللبا والذرة السكرية . وكلا القسمين فقيران فى الدهن ، باستثناء فول الصويا الذى يستعمل بقلة كخضار مجمد . وترتفع نسبة الألياف فى الخضراوات جميعاً . وهذه الألياف تسهل مرور الكتلة الغذائية فى الجهاز الهضمى ومرور

الفضلات إلى خارج الجسم . كما تحتوى الخضراوات على أملاح معدنية وأحماض عضوية تترك فى اليوريا أثراً قلوياً . وتتميز بعض الخضراوات دون الأخرى بغناها بالكالسيوم مثل البروكولى والجزر والباميا ، والبعض يتميز بغناه بالفسفور مثل الفاصوليا اللبا والبروكولى والبسلة والذرة السكرية ، والبعض الآخر يحتوى على نسبة ملحوظة من الحديد مثل السبانخ والبسلة والبروكولى .

ويوجد الكاروتين بنسبة مرتفعة فى السبانخ والبروكولى والجزر والقرع العسلى والبسلة والفلفل الحلو ، أما الباميا والأسبرجس فتحتوى على قليل من هذا البروفيتامين . ويوجد الثيامين بوفرة فى البسلة وفاصوليا اللبا والذرة السكرية والسبانخ والقنبيط والبنجر والجزر . وترتفع نسبة فيتامين جـ فى الفلفل والسبانخ والبروكولى والقنبيط والأسبرجس والبسلة وفاصوليا اللبا . وتحتوى البسلة والسبانخ وفاصوليا اللبا والبنجر على نسبة مرتفعة من الريبو فلافين . ويوجد النياسين بنسبة معتدلة فى البسلة والسبانخ واللفت . وجميع الخضراوات الخضراء غنية فى فيتامين K .

وتعتبر اللحوم غنية فى البروتين وفقيرة فى الكربوإيدرات والألياف وبها نسبة ملحوظة من الدهن . وتتميز بروتينات اللحوم على بروتينات الخضراوات باحتوائها على الأحماض الأمينية بنسب متمشية مع هذه النسب فى بروتين جسم الإنسان ، ولذا فبروتينات اللحوم تعتبر ذات قيمة حيوية أعلى . وتحتوى اللحوم على كافة الأحماض الأمينية الضرورية للإنسان ، وهى الفالين والليوسين والليوسين المشابه والثريونين والليسين والفينايل ألانين والتربتوفان والمثيونين بنسب مرتفعة فيما عدا المثيونين . وترتفع نسبة الدهن فى لحم الخنزير عنها فى اللحم البقرى والجاموسى . وتعتبر اللحوم غنيـــة فى الفوسفور والحديد ، خصوصاً الكبد . أما العناصر المعدنية فتوجد فى اللحوم بنسب ضئيلة . واللحوم عموماً غنية بالريبوفلافين وحمض النيكوتنياك والثيامين . خصوصاً الكبد والكلى اللذين يحتويان أيضاً على قليل من فيتامينات جـ ، ا ، د .

وتعتبر الطيور المنزلية غنية فى البروتين وبها نسبة من الدهن توازى

ما يوجد فى اللحم البتلو ، كما أنها غنية بالفيتامينات .

ويحتوى بياض البيض على ١٢ فى المائة بروتين ، ٠,١٦ فى المائة دهن ، ٠,٠٤ فى المائة جلوكوز ، ٠,٥١ فى المائة رماد ، ٨٦ فى المائة ماء . وغالبية البروتين عبارة عن أوفالبومين وكونالبومين ، أما غالبية الرماد فهى كلوريد الصوديوم والبوتاسيوم . ويحتوى صفار البيض على ٣٠ فى المائة دهن ، ١٦ فى المائة بروتين ، ١,٣ فى المائة حمض جليسرو فوسفوريك ، ٠,٣ فى المائة كوليستيرول ، ١,٠٣ فى المائة رماد ، ٥١,٤ فى المائة رطوبة . ومعظم البروتين عبارة عن فيتالين . وترتفع نسبتا الفوسفور وفيتامين أ فى صفار البيض ، أما نسب فيتامينات ب ، د فمتوسطة .

وتعتبر لحوم الأسماك غنية فى البروتينات وفقيرة فى الكربوإيدرات ومتوسطة أو فقيرة فى الدهن تبعاً لصنف السمك . وتحتوى الأسماك على جميع الأحماض الأمينية ، وتعتبر غنية فى التيروزين والليسين والتربتوفان والأرجينين والهستيدين ، وهذه صفة مرغوبة لأن معظم بروتينات الخضراوات فقيرة فى الليسين والهستيدين والأرجينين . وتعتبر بروتينات الأسماك أسهل وأكمل هضما من بروتين اللحم البقرى . وتكون زيوت الأسماك أسهل هضماً من الدهن الحيوانى الصلب . وتتميز الأسماك البحرية بغناها باليود ، وبعضها غنى بالحديد والنحاس والكالسيوم والمغنسيوم والفوسفور . ومعظم الأسماك غنية بفيتامينى أ ، ب ، وبعضها غنى بفيتامين د ، وبعضها يحتوى على ريبوفلافين .

الفقد فى القيمة الغذائية أثناء التحضير للتجميد :

لا تعترى البروتينات أثناء تجميد المواد الغذائية أى تغيرات ملحوظة فى القيمة الغذائية ؛ إلا أن فساد الأسماك أثناء تجميدها وتخزينها يكون مصحوباً بحدوث تغير فى تركيب البروتين denaturation . والتغير الوحيد الذى يعترى الدهون أثناء تخزين الأغذية المجمدة هو التزنخ الذى يحدث عادة عندما تطول فترة التخزين أكثر من اللازم على درجة حرارة مرتفعة . وتتعرض دهون الأسماك

للتزنخ بدرجة أسرع من دهون اللحوم الحيوانية . ويترتب على أكسدة الدهون فقد محتويات المادة الغذائية من فيتامين أ . ولا يعتبر هذا التزنخ عاملاً هاماً فى التأثير على القيمة الغذائية للأغذية المجمدة حيث قد أمكن منع حدوث التزنخ بخفض درجة حرارة التخزين . والتغير الذى يعترى الكربوإيدرات فى الفواكه المجمدة هو تحلل السكريات الثنائية إلى سكريات أحادية ، وهذا لا يؤثر فى القيمة الغذائية . والفقد فى العناصر المعدنية يكون قليلاً فى حالة تجميد الأسماك بالطريقة السريعة عنه فى الطريقة البطيئة التى تؤدى إلى انفصال كمية كبيرة من العصارة drip أثناء إعادة الأسماك إلى حرارة الجو Thawing . وهذ الفقد ضئيل أيضاً فى حالة اللحوم ، كما أنه لا يؤثر فى القيمة الغذائية للفاكهة المجمدة لأن العصارة المنفصلة تؤكل مع الفاكهة عادة . أما الخضراوات المجمدة فتفقد نسبة من العناصر المعدنية فى حالة سلقها وإهمال ماء السلق . ولا يخفى أن الخضراوات المجمدة تحتاج لمدة طهى أقصر من الخضر الطازجة ، ولذا فالفقد فى العناصر المعدنية وفيتامين ج يكون أقل عند طهى الخضراوات المجمدة عنه فى الخضراوات الطازجة . وقد لوحظ أن ساق البسلة قبل تجميدها يؤدى إلى فقدها لحوالى ١٩ إلى ٣٥ فى المائة من السكر ، ١٧ إلى ٣٠ فى المائة من المواد المعدنية ، ١٤ إلى ٢٢ فى المائة من البروتينات ، ٣٢ إلى ٥٠ فى المائة من فيتامين ج ، ولذلك ينصح بتقصير فترة سلق الخضراوات إلى أقل حد ممكن . والفقد فى فيتامين ج من الفواكه المجمدة يكون ضئيلاً ويزداد تدريجياً بطول فترة التخزين ، ومن عصير الفاكهة المجمد يكون ضئيلاً للغاية خصوصاً فى حالة عدم تهوية العصير قبل تجميده وفى حالة خفض درجة حرارة التخزين إلى الصفر الفهرنهيتى أو أقل . وتفقد عجينة الفاكهة المضاف إليها السكر حوالى ١٢ فى المائة من فيتامين ج بعد التخزين الطويل ، ويرتفع الفقد إلى ١٦ فى المائة فى حالة عدم إضافة السكر . ولا يفقد عصير الفاكهة المركز المجمد كثيراً من محتوياته من فيتامين ج . أما الثيامين فيفقد حوالى ربع كميته أثناء تحضير الخضراوات للتجميد بسبب قابليته للذوبان فى الماء وسهولة إتلافه بتأثير الحرارة . أما اللحوم فلا تفقد كمية تذكر مما تحويه من

الثيامين . ويفقد جزء من الريبوفلافين أثناء غسيل وسلق وتبريد الخضراوات بالماء قبل تجميدها . ولا يسبب تجميد الخضراوات أى فقد فى محتوياتها من فيتامين أ ، إلا أن بعض الباحثين يذكر أنه يحدث فقد يقدر بربع كمية الفيتامين . وتفقد الخضراوات جزءاً من محتوياتها من النياسين وحمض الفوليك أثناء التحضير للتجميد .

ومما يذكر فى هذا المقام أن الفواكه المجمدة لا يجوز تقديمها لمرضى القلب أو البول السكرى أو ضغط الدم ، إذ أن الفواكه عادة يضاف إليها سكر أو شراب سكرى عند تجميدها .

مكونات الأطعمة المجمدة :

فيما يلى جداول تبين القيمة الغذائية للأغذية المجمدة :

محتويات المائة جرام من الفاكهة والخضر المعدة للتجميد والمجمدة

الفاكهة أو الخضر	سعرات	رطوبة جم	بروتين جم	دهن جم	رماد جم	كربوهيدرات جم	ألياف جم	كالسيوم مجم	فوسفور مجم	حديد مجم	صوديوم مجم	بوتاسيوم مجم	فيتامينات: ا وحدة دولية	ب١ مجم	ب٢ مجم	حمض نيكوتينيك مجم	ج مجم
تفاح	٥٨	٨٤,١	٠,٣	٠,٤	٠,٣	١٤,٥	١,٠	٦	١٠	٠,٣	٠,٢	٧٤	٩٠	٠,٠٤	٠,٠٣	٠,٢	٥
مشمش	٥١	٨٥,٤	١,٠	٠,١	٠,٦	١٢,٩	٠,٦	١٦	٢٣	٠,٥	٠,٦	٤٤٠	٢٧٩٠	٠,٠٣	٠,٠٥	٠,٨	٧
كريز	٦١	٨٣,٠	١,١	٠,٥	٠,٦	١٤,٨	٠,٣	١٨	٢٠	٠,٤	١,٠	٢٦٠	٦٢٠	٠,٠٥	٠,٠٦	٠,٤	٨
جريب فروت	٤٠	٨٨,٨	٠,٥	٠,٢	٠,٤	١٠,١	٠,٣	٢٢	١٨	٠,٢	٠,٥	٢٠٠	—	٠,٠٤	٠,٠٢	٠,٢	٤٠
ليمون	٣٢	٨٩,٣	٠,٩	٠,٦	٠,٥	٨,٧	٠,٩	٤٠	٢٢	٠,٦	٠,٧	١٣٠	٠	٠,٠٤	—	٠,١	٥٠
برتقال	٤٥	٨٧,٢	٠,٩	٠,٢	٠,٥	١١,٢	٠,٦	٣٣	٢٣	٠,٤	٠,٣	١٧٠	١٩٠	٠,٠٨	٠,٠٣	٠,٢	٤٩
خوخ	٤٦	٨٦,٩	٠,٥	٠,١	٠,٥	١٢,٠	٠,٦	٨	٢٢	٠,٦	٠,٥	١٦٠	٨٨٠	٠,٠٢	٠,٠٥	٠,٩	٨
برقوق	٥٠	٨٥,٧	٠,٧	٠,٢	٠,٥	١٢,٩	٠,٥	١٧	٢٠	٠,٥	٠,٦	١٧٠	٢٥٠	٠,٠٦	٠,٠٤	٠,٥	٥
شليك	٣٧	٨٩,٩	٠,٨	٠,٥	٠,٥	٨,٣	١,٤	٢٨	٢٧	٠,٨	٠,٨	١٨٠	٦٠	٠,٠٣	٠,٠٧	٠,٣	٦٠
أسبرجس مجمد	٢١	٩٣,٠	٢,٢	٠,٢	٠,٧	٣,٩	٠,٧	٢١	٦٢	٠,٩	٣	٣٢٠	٨٥٠	٠,٠٤	٠,١٥	١,٢	٢١
قنبيط مجمد	٢٥	٩١,٧	٢,٤	٠,٢	٠,٨	٤,٩	٠,٩	٢٢	٧٢	١,١	٢٢	٢٩٠	٨٠	٠,٠٩	٠,٠٨	٠,٥	٥١
فاصوليا مجمدة	٧٥	٨٠,٣	٥,٧	٠,٣	٠,٨	١٢,٩	١,٩	١٧	٩٤	١,٥	١٠٠	١٦٠	٦٧٠	٠,٣٣	٠,١١	١,٩	١٨
سبانخ مجمدة	٢٠	٩٢,٧	٢,٣	٠,٣	١,٥	٣,٢	٠,٦	٨١	٥٥	٣,٠	٦٠	٣٨٠	٦٨٢	٠,٠٧	٠,١٧	٠,٥	٣٨
بروكولى مجمد	٢٣	٩٢,٢	٥,٢	٠,٢	٠,٨	٤,٣	١,٠	١٠٠	٥٩	١,٠	١٣	٢٥٠	٢٢٣٠	٠,٠٧	٠,١٢	٠,٩	٧

محتويات المائة جرام من الجزء الصالح للأكل فى اللحوم والطيور والأسماك المعدة للتجميد

المادة	سعرات	رطوبة جم	بروتين جم	دهن جم	رماد جم	كربوايدرات جم	ألياف جم	كالسيوم مجم	فوسفور مجم	حديد مجم	صوديوم مجم	بوتاسيوم مجم	فيتامينات				
													أ وحدة دولية	ب١ مجم	ب٢ مجم	نيكوتينيك حمض مجم	ج مجم
لحم بقرى	١٩٤	٦٧,٠	١٩,٣	١٣,٠	٠,٩	صفر	١١	٢٠٨	٢,٩	٠,٠٨	—	—	٠	٠,١٢	٠,١٥	٥,٢	٠
لحم ضأن	٢٩٠	٥٨,٣	١٥,٦	٢٥,٢	٠,٨	٠	٩	١٦٨	٢,٣	—	—	—	٠	٠,١٨	٠,٢٣	٥,٢	٠
لحم بتلو	١٧٦	٦٩,٠	١٩,٢	١١,٠	١,٠	٠	١١	٢٠٧	٢,٩	٠٢,٥	—	—	٠	٠,١٨	٠,٢٧	٦,٣	٠
سمك	١٥٠	٦٩,٨	٢٢,٩	٦,٥	١,٦	٠	١٥٠	٢٦٣	٠,٤	٠١,٩	—	—	—	—	٠,٠٩	—	—
دجاج	١١٢	٧٤,٥	٢٠,٥	٢,٧	١,١	٠	١٥	١٨٨	١,٨	—	٧٨	٣٢٠	٠	٠,١٠	٠,٢٤	٥,٦	٠
فراخ رومى	٢٦٨	٥٨,٣	٢٠,١	٢٠,٢	١,٠	٠	٣٣	٣٢٠	٣,٨	—	٧٠	٣١٥	—	٠,٠٩	٠,١٤	٨,٠	٠
بيض كامل	١٦٢	٧٤,٠	١٢,٨	١١,٥	١,٠	٠,٧	٥٤	٢١٠	٢,٧	—	٨١	١٠٠	١١٤٠	٠,١٠	٠,٢٩	٠,١	٠
بياض بيض	٥٠	٧٨,٨	١٠,٨	٠	٠,٦	٠,٨	٦	١٧	٠,٢	—	١١٠	١٠٠	٠	٠	٠,٢٦	٠,١	٠
صفار بيض	٣٦١	٤٩,٤	١٦,٣	٣١,٩	١,٧	٠,٧	١٤٧	٥٨٦	٧,٢	—	٢٦	١٠٠	٣٢١٠	٠,٢٧	٠,٣٥		٠

اللحم	ثيامين	ريبوفلافين	نياسين	ب ١٢ ميكروجرام
	ملليجرام فى ١٠٠ جرام			فى ١٠٠ جرام
كبده بقرى	٠,٢٣	٣,٣٩	١٣,٥	٥١,٠
لحم بقرى	٠,١٧	٠.١٦	٥.٧	١,٨
لحم خنزير	١,١٣	٠,٢١	٣,٥	١,٣
لحم ضأن	٠,٢٠	٠,٣٠	٦,٣	١,٧
سجأ	٠,٢١	٠.٢٠	٤,٠	١,٤

الحديد القابل للامتصاص فى الأغذية المجمدة

الغذاء	pH	الحديد الكلى/الحديد القابل للامتصاص	
		جزء فى المليون	
ذرة سكرية طازجة	٦,٧	٢١	٢٠
« « مجمدة	—	١٩	١٩
اسبرجس طازج	٦,٢	٧٣	٤٤
« مجمد	٦,٥	٧٢	٤٥
فاصوليا خضراء طازجة	—	١٣٠	٤٧
« « مجمدة	٦,٢	١٥٠	٩١
« ليما طازجة	—	٦٨	٤٦
« « مجمدة	٦,٥	٨٥	٦٢
سبانخ طازجة	٦,٤	٣٥٠	٨٤
« مجمدة	٦,٧	١٩٠	١٢٠

النسبة المئوية للكربوايدرات فى الفاكهة المجمدة

الفاكهة	طريقة التعبئة	الكربوايدرات		
		طبيعية	مضافة	كلية
خوخ	فى الشراب	١٠	١٠	٢٠
شليك	بالسكر	٦	٢٠	٢٦
Blackberries	بدون سكر	٧	٠	٧
Blueberries	بدون سكر	١٠	٠	١٠

النسبة المئوية للمكونات المتبقية فى المادة الغذائية بعد السلق

الخضر	معادن			بروتين			فيتامين جـ		
	سلق فى الماء		فى بخار	سلق فى ماء		فى بخار	سلق فى ماء		فى بخار
	دقيقة	٦ ق	٣ ق	١ ق	٦ ق	٣ ق	١ ق	٦ ق	
بسلة	٨٨	٨٤	٩٥	٩١	٨٥	٩٦	٧١	٦٠	٨٣
جزر	٨٥	٧٦	٩٠	٧٠	٧٠	٧٤	٨٤	٦١	٧٨
فاصوليا	٩١	٨٩	٨٥	١٠٠	٩٠	٩٧	٩٣	٨٢	٨٢
بطاطس	٩٣	٩١	٩٠	٩٢	٩٠	٩٠	٦٨	٦٦	٦١

الفيتامينات فى الفاكهة المجمدة والعصير (بالملليجرامات فى ١٠٠ جرام)

الفاكهة	حمض أسكوربيك			بيتا كاروتين	حمض فوليك	نياسين	حمض بانتوثنيك	ريبوفلافين	ثيامين	ب ٦
	مختزل	مؤكسد	كلى							
تفاح شرائح	٥,٧	١,٦	٧,٣	٠,٠١	٠,٠٠٢	٠,٢١	,١١٤	٠,٠٣	٠,٠١	٠,٠٣٠
مشمش	٥,٦	٢٠,٩	٢٧,٠	١,٠١	٠,٠٠٣	٠,٧٨	,١٧٣	٠,٠٤	٠,٠٢	٠,٠٧١
كريز بدون نواة	١,٤	٤,٧	٦,١	٠,٢٩	٠,٠٠٥	٠,٣٢	,٠٨٣	٠,٠٦	٠,٠٣	٠,٠٥٨
خوخ	١٠,١	٢٩,٧	٣٩,٨	٠,٠٧	٠,٠٠٤	٠,٧١	,١١٨	٠,٠٤	٠,٠١	٠,٠٢٠
أناناس	٧,٠	١,٢	٨,٢	٠,٠٢	٠,٠٠٦	٠,٢٨	,١٠٥	٠,٠٣	٠,١٠	٠,٠٧٥
شليك	٤٣,١	١٢,٢	٥٥,٤	٠,٠٢	٠,٠٠٤	٠,٥٠	,١١٥	٠,٠٦	٠,٠٢	٠,٠٥٢
عصير جريب فروت	٣٦,١	٢,٠	٣٨,١	٠,٠٠٤	٠,٠٠٢	٠,٢٦	,١٦٢	٠,٠٠٦	٠,٤٨	٠,٠١٤
عصير عنب محلى	٢,٥	١,٨	٤,٣	٠,٠٠٣	٠,٠٠٣	٠,٢٠	,٠٤٠	٠,٠٢٧	٠,١٩	٠,٠٢١
عصير ليمون محلى	٦,٣	٠,٥	٦,٨	آثار	آثار	٠,٧	,٠١١	٠,٠٠٦	٠,٠٠٥	٠,٠٠٥
عصير ليمون	٤١,٨	٢,٢	٤٤,٠	٠,٠١	٠,٠٠١	٠,١٢	,٠٨٦	٠,٠١٢	٠,٣٠	٠,٠٣٩
عصير برتقال	٤٦,١	١,١	٤٧,٢	٠,٠٠٥	٠,٠٠٣	٠,٣٣	,١٥٥	٠,٠١٣	٠,٠٨٥	٠,٠٣٣
عصير أناناس	١١,٨	١,٢	١٣,٠	٠,٠٠٩	٠,٠٠١	٠,٢٥	,١١٥	٠,٠١٦	٠,٥٦	٠,٠٧٤

الفيتامينات فى الأغذية المجمدة (بالملليجرامات فى ١٠٠ جرام)

المادة الغذائية	حمض أسكوربيك			بيتاكاروتين	حمض فوليك	نياسين	حمض بانتوثنيك	ريبوفلافين	ثيامين	ب٦
	مختزل	مؤكسد	كلى							
اسبرجس	٢٦,٩	٢,٢	٢٩,١	٠,٤٧	٠,٠٦٨	١,٢٦	٠,٤٢٠	٠,١٥	٠,١٨	٠,١٤٦
فاصوليا خضراء	٧,١	٢,٣	٩,٤	٠,٣٥	٠,٠٢٠	٠,٤٤	٠,١٢٠	٠,١٠	٠,٠٧	٠,٠٦٣
فاصوليا ليما	١٧,٦	١,٢	١٨,٨	٠,١٣	٠,٠١٦	١,٢٤	٠,٢٣٩	٠,٠٦	٠,١٠	٠,١١٣
بروكولى	٦٥,٢	٤,٧	٦٩,٩	١,٥٥	٠,٠٤٦	٠,٥٥	٠,٤٦٣	٠,١٣	٠,٠٧	٠,١٦١
قنبيط	٥١,٩	٤,٠	٥٥,٩	٠,٠٢	٠,٠٢٠	٠,٤٨	٠,٤٦٧	٠,٠٦	٠,٠٦	٠,١٧٧
ذرة	٧,٢	١,١	٨,٣	٠,٠٥	٠,٠٢١	١,٦١	٠,٣٦٠	٠,٠٧	٠,١١	٠,٢٢٢
باميا	١١,٢	٤,٦	١٥,٨	٠,٢٩	٠,٠٢٥	١,٠٣	٠,٢٢١	٠,٢١	٠,١٧	٠,٠٤٥
بسلة وجزر	٨,٩	١,١	١٠,٠	٥,٥٦	٠,٠١٥	١,٣٤	٠,٢٥٣	٠,٠٧	٠,٢٠	٠,٠٩٥
بسلة	١٧,١	١,٦	١٨,٧	٠,٤١	٠,٠٢٠	٢,٠٥	٠,٢٧٧	٠,١٠	٠,٣٢	٠,١٥٠
بطاطس مهروسة	٤,٩	١,٤	٦,٣	٠,٠٢	٠,٠٠٧	٠,٨٢	٠,٢٤٠	٠,٩٣	٠,٠٧	٠,٠٩١
سبانخ	٣١,٩	٣,٢	٣٥,١	٤,٨٥	٠,٠٧	٠,٥١	٠,١١٠	٠,١٦	٠,١٠	٠,١٧٦

ميكروبيولوجيا الأغذية المجمدة

تتلخص طرق حفظ الأغذية فيما يلى :

١ — تعقيم الأغذية والمحافظة عليها من إعادة التلوث .

٢ — منع نشاط الأحياء الدقيقة المسببة للفساد حتى لا يظهر التحلل فى المواد الغذائية .

ويمنع النشاط بإحدى الوسائل التالية :

(ا) تبريد الأغذية وحفظها على درجة حرارة تعلو درجة تجمدها . وهذه الوسيلة تفيد فى إيقاف فعل جميع الأحياء عدا البكتريا المحبة للبرودة Psychrophilic micro organisms

(ب) تجميد الأغذية ثم تخزينها على درجة حرارة منخفضة تقل عن درجة ٣٢° فهرنهيت .

(حـ) تخفيف المواد الغذائية .

(د) تمليح الأغذية .

(هـ) تخليل الأغذية .

(و) إضافة بعض المواد الحافظة الكيميائية للأغذية .

(ز) إضافة المضادات الحيوية للأغذية .

فدرجة الحرارة تؤثر فى حفظ المواد الغذائية عن طريق تأثيرها على نمو ونشاط الأحياء الدقيقة . ويعتبر تجميد الأغذية ثم حفظها فى غرف التبريد وسيلة فعالة فى منع نمو الأحياء الدقيقة بشرط عدم ارتفاع درجة الحرارة أثناء التخزين عن ١٥° فهرنهيت . فبارتفاع درجة حرارة المادة الغذائية عن ١٥°

فهرنهيت تبدأ بعض الفطريات وقليل من الخمائر فى التكاثر بسرعة تسمح بتحقيق فساد الأغذية . ويمكن أن يقال بصفة عامة إن لكل من الكائنات الحية الدقيقة درجة حرارة دنيا بتجاوزها إلى درجة أقل يمتنع نمو هذا الكائن الحى .

وتعتبر هذه الدرجة الدنيا biological zero لجميع الكائنات الحية قريبة من الصفر المئوى . أى درجة ٣٢° فهرنهيت وهى درجة تجمد الماء . وتنخفض هذه الدرجة قليلاً فى حالة البكتريا المحبة للبرودة psychrophilic bacteria إذ تتراوح بين ٢٣ ، ٣٢° فهرنهيت . وتتراوح درجة الحرارة الدنيا للبكتريا التى تنمو على درجة الحرارة العادية mesophilic بين ٤٦ ، ٥٤ فهرنهيت أو أعلى من ذلك قليلاً بالنسبة للأحياء الطفيلية منها .

وترتفع درجة الحرارة الدنيا عن ماذكر بالنسبة للبكتريا المحبة للحرارة thermophilic .

وللأحياء الدقيقة درجة حرارة قصوى أيضاً فلا تنمو بتجاوز درجة الحرارة حداً معيناً هو ٧٠° فهرنهيت للبكتريا المحبة للبرودة psychrophilic أو ٨٦° فهرنهيت للبكتريا التى تنمو على درجة الحرارة العادية mesophilic أو ١٠٤° إلى ١٢٢° فهرنهيت للبكتريا المتطفلة التى تنمو على درجة الحرارة العادية أو ١٤٠° إلى ١٥٨° فهرنهيت للبكتريا المحبة للحرارة .

ومن هذا يتضح أهمية التبريد والتجميد فى حفظ الأغذية إذ أن حفظ درجة الحرارة إلى حد معين يقلل من عدد الأحياء الدقيقة وأجناسها المسببة للفساد ، وبانخفاض درجة الحرارة إلى نقطة التجمد يصبح عدد سلالات الأحياء الدقيقة التى يخشى نشاطها محدوداً . وغالبية العدد القليل من الأحياء الدقيقة التى تنمو عند أو تحت الصفر المئوى ، أى درجة تجمد الماء ٣٢°

فهرنهيت ، عبارة عن فطريات وخمائر . وقد أمكن مشاهدة نمو بعض الفطريات عند درجة + ١٨° فهرنهيت ، ونمو Pseudomonas fluorescens ، وبعض أنواع الاكتوباسيلس والتوريولا والموبيليا والبنيسيليوم عند درجة + ٢٥° فهرنهيت ، ونمو بعض أنواع الكلادوسبوريوم والسبوروتريكم عند درجة ٢٠° فهرنهيت ، ونمو بعض خمائر السكاروميسز عند درجة + ١٦° فهرنهيت ، ونمو B. fluorescens و B. mycoides و B. ruminatus و Bacillus atterimus وبعض أنواع البنسلين عند درجة + ١٦° فهرنهيت فى عصير الموالح المركز الذى لم يصل إلى حد التجمد الكامل عند هذه الدرجة من الحرارة .

ويعتبر تأثير الأحياء الدقيقة على الأغذية المجمدة ضئيلاً للغاية ، إلا أن هذه الأحياء قد تسبب فساد الأغذية قبل تجميدها وأثناء وبعد إعادة الأغذية المجمدة إلى درجة حرارة الجو العادية . فالبكتريا تنمو على الأسماك حتى ولو كانت معبأة فى الثلج المجروش ، ولذا فهى تسبب فساد الأسماك بمجرد ارتفاع درجة حرارتها . فمن المهم إذن أن يقل تلوث الأسماك أثناء تداولها إلى أقل حد ممكن ، ويساعد على ذلك تطهير جميع الآلات والأدوات التى تلامسها الأسماك بغسلها بمحلول مطهر لا يترك رائحة غير مرغوبة فى الأسماك مثل الهيبوكلوريت .

وتغسل الأسماك بماء به كلور إذا اقتضى الأمر ، ولو أن الكلور ليس مرغوباً فى حالة تجميد الأسماك . وتتعرض اللحوم للفساد البكتريولوجى أيضاً ولكن بدرجة أقل من الأسماك . فالتلوث بالأحياء الدقيقة يبدأ أثناء سلخ جلد الحيوان والتقطيع ، لذلك يجب إيقاف نشاط هذه الأحياء بتبريد اللحوم مباشرة إلى درجة ٣٢° أو ٣٤° فهرنهيت على الأكثر . ويلاحظ أن نمو الأحياء الدقيقة على سطح اللحوم يزداد بارتفاع نسبة الرطوبة . وتكون اللحوم المفرومة أكثر عرضة

للفساد بسبب زيادة التلوث أثناء وبعد الفرم . والشائع فى الدول المتمدينة هو تبريد الحيوان بعد الذبح مباشرة إلى درجة ٣٢° فهرنهيت وتخزينه aged كاملاً أو مجزءاً لمدة خمسة أو ستة أسابيع على درجتى حرارة ورطوبة مرتفعتين نسبياً تؤديان عادة إلى تلوث السطح بالفطريات مما يستلزم كشط هذه الطبقة قبل تجميد اللحم أو تربيته . وتتفاوت مدة التخزين المذكورة قبل التجميد تبعاً لصفات اللحم ومدى الليونة المطلوبة . وتزى النكهة التى تكتسبها اللحوم المخزنة قبل التجميد aged إلى نمو بعض الفطريات التى منها Thamnidium sp. ، Mucor sp. ، Rizopus sp. ، Pseudomonas, Achromobacter . والملاحظ أن الغدد كالكبد والكلى تتعرض للفساد بفعل الأحياء الدقيقة بدرجة أسرع من لحم العضلات .

وتعتبر لحوم الدواجن أكثر عرضة للفساد بفعل الأحياء الدقيقة عن لحم الحيوان بسبب ليونة لحوم الطيور ، ولذلك تغلف لحوم الدواجن عقب الذبح وتبرد إلى درجة ٣٢° فهرنهيت مباشرة .

وتتعرض الخضراوات للتلوث بالأحياء الدقيقة أثناء تحضيرها ولذا يجب تبريدها مباشرة أو سلقها وتبريدها ثم تجميدها . فالسلق يقلل جميع الأحياء الدقيقة تاركاً بعض الجراثيم فى الخضراوات . والمعروف أن الخضراوات من أصلح البيئات لنمو وتكاثر الأحياء الدقيقة .

وتعرض الفاكهة للتخمر بفعل الخميرة واللاكتوباسيلس التى تلوث الفاكهة فى مرحلة النضج ، وتزداد سرعة التخمر بارتفاع درجة الحرارة ، لذلك يجب حفظ الفاكهة مبردة طوال الوقت عند درجة حرارة ٥٠° فهرنهيت على الأكثر . ولما كان تجمد الفاكهة يحدث ببطء فهناك احتمال تكاثر الأحياء الدقيقة فيها بسرعة تكفى لإحداث الفساد بالرغم من وجودها فى غرفة التجمد على

درجة تقل عن الصفر الفهرنهيتى ، ولذلك يجب تبريد الفاكهة قبل وضعها فى غرفة التجميد .

فالثابت بصفة قاطعة أن التجميد يقلل من عدد الأحياء الدقيقة النامية على الأغذية بدرجة واضحة . ويبدو أن نمو الأحياء الدقيقة الضارة فى الأغذية المجمدة يكون أقل منه فى الأغذية الطازجة . وهذه الأحياء الضارة تهلك عند طهى الأغذية المجمدة ، إلا أنها تكون خطرة فى حالة الأغذية التى لا تطهى مثل العصير المركز .

وعند تجهيز الأغذية المجمدة للاستهلاك تزداد سرعة تكاثر الأحياء الدقيقة المسببة لفساد الأغذية . وقد تصبح الأغذية الفاسدة سامة للإنسان إذا احتوت على بكتريا سامة أو على سموم أفرزتها البكتريا ، مثال ذلك حدوث التسمم البوتيولينى . فالميكروب Clostridium botulinum ليس سامّاً فى حد ذاته لكنه يفرز سمًّا شديداً ، وجراثيم هذا الميكروب لا تقتلها درجة التجمد ، أما غليان الأغذية المجمدة عند طهيها فيهلك المادة السامة . وعادة يكون نمو الأحياء السامة بدرجة أقل فى الفاكهة المجمدة عنها فى الخضراوات ، كما أن ميكروب التسمم البوتيولينى لا ينمو فى الأغذية الحمضية ذات رقم pH يقل عن ٤,٥ مثل بعض الفواكه ، أما اللحوم والأسماك والبيض والدواجن باعتبارها ليست أغذية حمضية فإنها تكون أكثر عرضة من الفاكهة للفساد بفعل هذا الميكروب السام .

تركيز العصير بالتجميد

بدأت صناعة تركيز عصير الفاكهة بالتجميد Freezing Concentration of juices على نطاق تجارى منذ عام ١٩١١ بالطريقة التى سجلها Jackson . وفى عام ١٩١٤ اقترح Gore طريقة لتركيز عصير التفاح تتلخص فى تجميد العصير المعبأ فى علب من الصفيح بالغمر فى محاليل ملحية مبردة على درجة — ١٠° إلى ٢٠° فهرنهيت ثم صهر المحيط الخارجى ليسهل نزع الكتلة المتجمدة من العلبة ، وبعدها يكسر الثلج وتعامل الكتلة بالطرد المركزى لفصل العصير المركز عن بللورات الثلج . وكان من الضرورى أن يكرر التجميد والطرد المركزى ثلاث أو أربع مرات ليتسنى الحصول على عصير تركيزه ٥٠ إلى ٦٠ فى المائة مواد صلبة . وفى عامى ١٩٢٥ ، ١٩٢٧ اقترح Irish ثم Zorn على التوالى طريقة لتركيز عصير الفاكهة تجرى بالتجميد مرتين أو ثلاث مرات . أما الطريقة المستمرة فأوجدها Krause عام ١٩٤١ وفيها تجرى عمليتا التجميد والطرد المركزى مرتان فقط فيتحصل على عصير تركيز المواد الصلبة به حوالى ٥٠ فى المائة . وتتلخص طريقة Linde-Krause فى تجميد عصير الفاكهة على سطح أسطوانة مبردة تدور حول محورها منغمسة من أسفل فى العصير الموضوع داخل حوض ، ثم يكشط العصير المتجمد ويكبس فى مكابس بريمية تحت ضغط مرتفع لفصل بللورات الثلج . ويمكن استخدام المكابس الإيدروليكية فى كبس العصير المجمد لفصل العصير المركز عن بللورات الثلج . ولتقليل الفقد فى هذه الطريقة يفضل تجميد العصير المركز على درجة + ١٤° فهرنهيت وكبسه للحصول على عصير مركز تركيزه ٤٠ إلى ٤٥ درجة بركس ثم تجميد هذا العصير المركز على درجة — ٣٥° فهرنهيت وإعادة كبسه للحصول على عصير تركيزه ٥٧ إلى ٥٩,٥ بركس مع عدم تجاوز الفقد خمسة إلى عشرة فى المائة . ويمكن أيضاً استبدال الكبس الإيدروليكى فى هذه الطريقة بطريقة الطرد المركزى .

ويعتقد أن التركيز بالتجميد أفضل من التركيز بالتبخير تحت ضغط منخفض Vacuum evaporation لأن الأخير يسبب فقد بعض المواد الطيارة المكسبة لنكهة العصير ، كما أن الطريقة الأخيرة أكثر تكلفة حيث يلزم فيها ٣٠٠ وحدة حرارة بريطانية لتبخير رطل واحد من الماء بينما تجميد هذا الرطل يلزمه ١٤٤ وحدة فقط . ولكنه لا يخفى أن تركيز العصير بالتجميد يستنفذ جهداً كبيراً فهى طريقة باهظة التكاليف ، خصوصاً وأن وحدات الحرارة البريطانية المستنفذة فى التجميد تتكلف أكثر نسبياً من نظيرتها المستنفذة فى التبخير تحت ضغط منخفض . لذلك تعتمد الصناعة الآن فى إنتاج العصير المركز على طريقة التبخير تحت ضغط منخفض أساساً .

أسس التركيز بالتجميد :

عند ما يجمد المحلول المائى تتكون بللورات ثاجية نقية ترداد كميتها بانخفاض درجة الحرارة وبارتفاع تركيز المواد الصلبة فى العصير غير المجمد . ويؤدى التجميد السريع إلى صغر حجم بللورات الثلج بعكس التجميد البطىء الذى ينتج بللورات كبيرة الحجم . ونتيجة لذلك يسيل العصير المركز ببطء فى حالة طريقة التجميد السريع للعصير ، بينما فى حالة ترك العصير المجمد بالطريقة السريعة مدة ٢٤ ساعة تقريباً يصبح انفصال العصير المركز أكثر سيولة منه فى حالة التجميد البطىء .

الطرق الصناعية للتركيز بالتجميد :

الطريقة الأولى : يجمد عصير التفاح المعبأ فى براميل ويترك ليبدأ الانصهار ، ثم يصب العصير المركز من الكتلة المتجمدة ويعبأ فى علب صفيح وتقفل العلب وتجمد .

الطريقة الثانية : يجمد عصير الكريز على درجة + ١٤ فهرنهيت ويفصل العصير المركز على درجة ٣٥° فهرنهيت ، ويعاد تجميد هذا العصير المركز البالغ تركيزه حوالى ٤٠ بركس على درجة — ١٠° ، كما تجمع بقايا العصير المركز وتمزج

بعضها وتجمد على درجة ١٤°فهرنهيت . وبإعادة التجميد والتسييح يتحصل على حوالى ٩٠ إلى ٩٥ فى المائة من المواد الصلبة ويصبح تركيز العصير حوالى ٥٣ إلى ٥٧,٣ بركس . وهذه الطريقة تستنفذ وقتاً طويلاً كما تحتاج إلى مساحات واسعة .

الطريقة الثالثة : فى طريقة التجميد التدريجى Stepfreeze process يجمد حوالى ثلث كمية الماء الموجودة فى العصير خلال كل خطوة من الخطوات الخمسة التى بها تفصل بلاورات الملج بالطرد المركزى عقب التجميد . ويساعد التلميب على صغر حجم البلاورات الملجية وقليل الفقد فى نسبة المواد الصلبة التى تذوب فى البلاورات الثلجية إلى حوالى خمسة فى المائة من وزن العصير الأصلى .

ولتركيز عصير البرتقال بنفس الطريقة يبرد العصير إلى درجة ٣٤° فهرنهيت ويصب منه ٧٥ جالوناً فى الصهريج رقم ١ المبرد للدرجة — ١٠° أو — ٢٠° فهرنهيت بواسطة ثلاثة مواسير رأسية بها جايكول مبرد للدرجة المطلوبة ويقلب العصير بواسطة حدافات سرعتها ٨٠٠ دورة فى الدقيقة فتنخفض درجة حرارة العصير إلى ٢٠ فهرنهيت خلال ثلث ساعة وبذلك يتجمد حوالى ثلث كمية الماء ويمكن فصلها بالطرد المركزى وغسلها بماء درجة حرارته ٣٤ فهرنهيت فى ماكينة الطرد المركزى . وفى هذه المرحلة يصل تركيز العصير إلى ١٨ بركس ويقدر حجمه بحوالى خمسين جالوناً تدفع جميعها فى الصهريج رقم ٢ حيث تخفض حرارة العصير إلى درجة١٧° فهرنهيت وبعدها تنتقل الكتلة إلى آلة الطرد المركزى ومنها إلى صهريج التجميد رقم ٣ حيث يكون حجمها قد انخفض إلى ٣٤ جالوناً فتبرد إلى درجة ١٢° فهرنهيت وتنقل إلى آلة الطرد المركزى ومنها إلى الصهريج رقم ٤ حيث يكون الحجم قد أصبح ٢٤ جالوناً والتركيز ٤٥ إلى ٤٨ بركس فيبرد العصير المركز إلى درجة ٧ فهرنهيت ويعامل بالطرد المركزى للحصول على ١٦ جالوناً تدفع فى الصهريج رقم ٥ حيث تبرد إلى درجة ٢° فهرنهيت وتعامل بالطرد المركزى للحصول على ١٢ جالوناً من العصير المركز تركيز ٥٨ إلى ٦١ بركس . ويعدل تركيز هذا العصير المركز بإضافة نسبة معينة من العصير الطازج وقليل من اللب المنفصل من العصير ، ثم يعبأ

العصير فى علب من الصفيح وتقفل العلب وتخزن فى غرفة التجميد على درجة — ١٥° فهرنهيت.

الطريقة الرابعة : فى طريقة Heyman شبه المستمرة لتركيز عصير الفاكهة بالتجميد يستخدم جهاز خاص يتكون أساساً من أنبوبة مائلة يتحرك بداخلها بريمة ناقلة ويحيطها غلاف يمر فيه محلول ملحى مبرد. فيدخل عصير الفاكهة الأنبوبة من أسفل ويتحرك فى اتجاه الطرف العلوى فيتجمد على درجة ٢٥° فهرنهيت متحولاً إلى شبه عجينة . وبوضع هذه العجينة فى آلة الطرد المركزى ذات السلة المثقبة يخرج العصير المركز من الثقوب تاركاً بللورات الثاج داخل السلة . ويكون تركيز العصير المركز الناتج مساوياً ضعف تركيز العصير الأصلى الطازج تقريباً .

الطريقة الخامسة: فى طريقة Krause يوضع عصير الفاكهة فى آنية وتغمر هذه فى صهريج التجميد الأول وتترك لمدة ساعتين بعدها تنقل إلى صهريج آخر وتترك لمدة ساعة لتتعدل درجة حرارتها وتتساوى فى جميع أجزاء العصير ؛ ثم تغمس الآنية فى ماء دافئ حتى يبدأ الانصهار فيسهل نزع الكتلة المتجمدة من الآنية ووضعها فى آلة الطرد المركزى وغسل الكتلة بالعصير الطازج ثم بالماء المثلج الناتج من بللورات ثلجية منفصلة فى عملية سابقة . ويكرر التجميد والطرد المركزى مرتان أخرتان باستخدام درجة حرارة أكثر إنخفاضاً .

الطريقة السادسة: فى طريقة Sperti يستخدم التركيز بالتفريغ مع التركيز بالتجميد . وتسمى هذه الطريقة أحياناً high - ester retention process . وتبدأ هذه الطريقة بتجميد العصير ليتحول إلى سائل كثيف القوام ثم يعامل هذا السائل بالطرد المركزى بوضعه داخل سلة مثقبة فيخرج منها عصير تركيزه ٣٠ بركس يحتوى على معظم المواد المكسبة للنكهة فى العصير ويسمى the ester phase ويسيح الجزء الثلجى المحتوى على حوالى ٨,٤ فى المائة مواد صلبة وقليلاً من المواد الطيارة ويركز إلى ٥٧ بركس بالتفريغ . ويلى ذلك مزج العصير المركز بالتجميد بالسائل المركز بالتفريغ للحصول على عصير تركيزه ٤٢ بركس غنى فى المواد الطيارة .

تجفيف الأغذية المجمدة ،(التجفيد)

يطلق على تجفيف الأغذية فى حالة مجمدة الاصطلاحات Freeze-drying أو Sublimation أو Lyophilization . وتستخدم هذه الطريقة الآن على نطاق صناعى فى تجفيف بعض المواد الغذائية ومن بينها عصير البرتقال والقهوة والجمبرى . وتتميز هذه الطريقة بالمزايا التالية :

١ ــ جودة صفات المنتجات .

٢ ــ بقاء المواد الذائبة منتشرة وموزعة جيداً فى السائل فلا تتجمع فى مناطق معينة من المادة الغذائية السائلة أثناء تطاير المذيب المتجمد ، كما أن المادة الجافة المتبقية تكون مسامية بدرجة جيدة مما يجعلها تشغل نفس الحيز الذى كانت تشغله المادة الطازجة قبل التجفيف . وتظهر المادة المجففة فى صورة أسفنجية مما يجعلها سريعة الذوبان وسريعة التشرب للماء . وقد تصبح المادة المجففة بالتجفيد قابلة للذوبان فى الماء البارد بعد أن كانت عديمة الذوبان فى الحالة الطازجة ،. ومثال ذلك الجيلاتين .

٣ ــ انخفاض الفقد فى المواد الطيارة المسببة للنكهة إلى أقل حد ممكن بسبب انخفاض درجة الحرارة أثناء التجفيد .

٤ ــ عدم تعرض الأغذية أثناء التجفيد لحالة الجفاف السطحى وبالتالى بطء عملية التجفيف .

٥ ــ انخفاض نسبة الرطوبة فى المادة الغذائية بفعل التجفيد إلى حد كبير مقارناً بطريقة التجفيف بالحرارة المرتفعة ، ولذلك فالمواد الغذائية المجففة بالتجفيد تكون أكثر ثباتاً .

٦ ــ لا تتعرض الأغذية السائلة أثناء التجفيد لتكوين الرغاوى أو التقاقيع .

٧ ــ لا تتعرض بعض المواد للتحليل أثناء التجفيد بسبب انخفاض درجة حرارة التجفيف عن درجة حرارة تحللها .

٨ – لا تنمو الأحياء الدقيقة على الأغذية أثناء التجميد بسبب انخفاض درجة الحرارة كما أن النشاط الإنزيمى يقل إلى حد كبير .

٩ – لا تتعرض مكونات الغذاء للأكسدة أثناء التجميد بسبب ارتفاع التفريغ مما يجعل نسبة الأكسجين قليلة إلى حد كبير .

وللتجفيد عيوب أيضاً أهمها :

١ – التجميد يتكلف أكثر من التجفيف الصناعى ، خصوصاً بالنسبة للأجهزة والآلات المستخدمة . فالتجفيد يحتاج إلى تفريغ شديد مما يستلزم استخدام جهاز مرتفع الثمن للتفريغ . وكبائن التجفيد مكلفة فى إنشائها لأنها يجب أن تكون محكمة مانعة لتسرب الهواء ومتينة تتحمل التفريغ الشديد . وإزالة بخار الماء الناتج بتكثيفه وكبسه أو بامتصاصه بمواد ماصة يحتاج إلى أجهزة ثمينة .

٢ – القدرة الإنتاجية لأجهزة التجفيد صغيرة بسبب بطء سير العملية ، واتباع نظام الوجبات ، وكثرة العمل .

أسس التجميد :

لتحويل كمية معينة من الثلج إلى بخار ماء على درجة حرارة معينة تلزم كمية من الحرارة تساوى مقدار الحرارة اللازمة لانصهار الثلج مضافاً إليها الحرارة اللازمة لتبخير الماء الناتج عن الانصهار والحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الثلج إلى نقطة انصهاره وهى ٣٢° فهرنهيت . ولا تختلف هذه الحرارة فى مقدارها سواء أجريت العملية ببطء تحت الضغط الجوى العادى أو بسرعة تحت ضغط بالغ الانخفاض . وبديهى أنه كلما ارتفعت درجة الحرارة المستخدمة كان تجفيف الغذاء أسرع بسبب ازدياد الضغط البخارى بارتفاع درجة الحرارة ، ويترتب على هذه السرعة أيضاً انخفاض التكاليف . لكنه يلاحظ أن درجة حرارة المادة الغذائية لا يمكن أن ترتفع فوق ٣٢° فهرنهيت إلا بعد التخلص

من رطوبة المادة تماماً تقريباً لأن درجة ٣٢° فهرنهيت هى الدرجة التى عندها ينصهر الثلج . أما فى حالة العصير والأغذية الصلبة المحتوية على جوامد صلبة ذائبة فتكون درجة الحرارة القصوى منخفضة قليلاً عن ٣٢° فهرنهيت بسبب انخفاض نقطة انصهار هذه المنتجات .

ولا تعتبر الحرارة الكامنة المطلوبة فى التجفيد هى الأساس فى رفع تكاليف العملية ، بل إن ارتفاع التكاليف يعزى إلى كثرة العمل واستخدام أجهزة ثمينة للتفريغ وإزالة بخار الماء الناتج بتكثيفه وكبسه أو بامتصاصه بمواد ماصة . ويعتبر تكثيف الماء فى هذه العملية مكلفاً لأنه يستلزم إجراء التكثيف على درجة حرارة منخفضة عن درجة حرارة المادة الغذائية ، ويجرى ذلك بالتخلص من جزء كبير من حرارة البخار باستخدام أجهزة تبريد تحقق ذلك على درجات حرارة منخفضة ، وهذه الأجهزة مرتفعة الثمن فعلاً . والمكثفات المستخدمة فى التجفيد تعمل بالفريون أو بالأمونيا ، لكنه يمكن استخدام الثلج الجاف dry ice فى الأجهزة الصغيرة ، كذلك تصنع سطوح المكثفات من المعدن إلا أنه يمكن استعمال مكثفات زجاجية . وبسبب تكثيف الماء على المكثفات تكون طبقة من الثلج تضعف التوصيل الكهربائى .

ولإزالة البخار الناتج من تبخر البلورات الثلجية تستعمل مواد للامتصاص مثل كبريتات الكالسيوم أو مواد للادمصاص مثل الألومينا أو السايكاجل . ومواد الإدمصاص ليست مرغوبة فى هذه العملية بسبب ارتفاع الضغط البخرى لها تدريجياً أثناء امتصاص الماء على سطوحها . بينما كبريتات الكالسيوم اللامائية تحتفظ بالضغط البخارى ثابتاً حتى تتشبع بالرطوبة ، ولذا فهى مفضلة فى التجفيد . ويمكن التخلص من البخار بوسائل أخرى منها كبسه ميكانيكياً بمضخة oil sealed vacuum pump لتحويله إلى الحالة السائلة ، ومنها سحب البخار للخارج مباشرة بواسطة جهاز Steam Jectors وبذلك يستغنى عن التكثيف على درجة التجمد وعن استعمال مواد الامتصاص أو الادمصاص . ويستلزم استعمال المضخة الزيتية فى كبس البخار استعمال جهاز تنقية يعمل بقوة الطرد المركزى لإزالة الماء من الزيت .

ويتم التجفيد على مرحلتين ، فى الأولى يتسامى الثلج Sublime من الكتل المتجمدة ، وفى الثانية تزال الرطوبة من المادة الجافة لخفض نسبة الرطوبة بها . فى المرحلة الأولى يزال حوالى ٩٨ أو ٩٩ فى المائة من رطوبة المادة بينما فى المرحلة الثانية تنخفض نسبة الرطوبة إلى حوالى نصف فى المائة . وعادة تكون درجة الحرارة الأولى منخفضة عن ٣٢° فهرنهيت ، بينما فى المرحلة الثانية ترتفع درجة الحرارة إلى أقصى حد يتيسر عنده التخلص من بقية الرطوبة المطلوب طردها فى أقصر وقت ممكن دون تعريض المادة الغذائية للتلف . وتتفاوت المنتجات المختلفة فى درجات الحرارة المناسبة لها أثناء التجفيد . وعموماً يمكن أن يقال إنه كلما ارتفعت درجة حرارة المادة الغذائية وكلما قلت مساحة سطح المكشف زادت سرعة التجفيف .

إعداد الأطعمة للتجفيد :

يراعى فى المواد الغذائية المعدة للتجفيف بالتجميد الشروط الآتية :

١ — أن تكون على درجة عالية من الجودة إذ ينعكس أثر هذا الشرط على الناتج مباشرة .

٢ — أن تكون ذات درجة نضج مناسبة بالنسبة للخضر والفاكهة المراد تجفيفها ، أو من أصناف معينة مثل الجمبرى ، أو من بعض أجزاء معينة فى حالة اللحوم .

ويجرى على المادة الغذائية المراد تجفيدها التجهيزات الآتية :

فى حالة الخضر والفاكهة :

يجب الإسراع فى عملية تجهيزها حتى لا يحدث بها أى تغير طبيعى : مثل التغير فى الشكل أو اللون أو القوام ، أو تغير كيماوى كحدوث بعض التغيرات التى تقلل من قيمتها الغـذائية . وتعامل المادة الغذائية لتجفيدها كما فى الخطوات التالية :

ا — الفرز ب — الغسيل حـ — التقشير د — التقطيع إلى شرائح أو مكعبات ، وهذه الخطوة هامة جداً فى عملية التجفيف بالتجميد حيث يتوقف عليها سرعة عملية التجفيد هـ — قد تجرى عملية سلق فى البخار لبعض أصناف الخضر مثل الفاصوليا والبسلة .

وتحمل المادة الغذائية على الصوانى الخاصة بذلك بمعدل ٢ — ٣ رطل لكل قدم مربع من سطح الصينية ، ثم توضع الصوانى داخل أجهزة أو غرف التجميد السريع حيث تجمد على درجة — ٤٠ إلى — ٥٠° فهرنهيت لمدة ساعة ، وذلك حسب نوع المادة الغذائية ، خضر أو فاكهة ، ونسبة المادة الصلبة بها ، مع توصيل المادة الغذائية بالمزدوج الحرارى Thermocouple ، فيوضع بكل صينية عدد ٣ مزدوج حرارى ، الأول يوضع فى وسط المادة الغذائية والثانى والثالث يوضعان فى أسفل المادة الغذائية وعلى سطحها . ويلاحظ أن الصوانى المستعملة ذات تركيب خاص فهى تتكون من أربعة أجزاء .

١ — الصينية وهى عبارة عن لوح من المعدن غير القابل للصدأ مساحته تبلغ ٦٠ × ٦٠ سم .

٢ — غطاء شبكى وهو عبارة عن شبكة من المعدن غير القابل للصدأ ذات بروزات واضحة وعددها فى الصينية ٢ .

٣ — الغطاء : وهو عبارة عن لوح من المعدن غير القابل للصدأ تغطى به الشبكة .

وطريقة تركيب الصينية ووضع المادة الغذائية عليها كالآتى :

١ — توضع شبكة فوق الصينية ثم تحمل المادة الغذائية على الشبكة وتوصل بالمزدوجات الحرارية Thermocouples .

٢ — تغطى المادة الغذائية بالشبكة الأخرى .

٣ — يوضع الغطاء فوق الشبكة .

٤ – توضع الصينية بعد تحميلها وتوصيلها داخل أجهزة التجميد التى تكون منفصلة عن جهاز التجفيد ، للتجميد .

٥ – بعد تجميد المادة الغذائية تنقل الصوانى بسرعة إلى جهاز التجفيد الذى يجب أن يكون مهيئاً لعملية التجفيد قبل نقل الصوانى إليه بنصف ساعة على الأقل .

تركيب جهاز التجفيد : (الجهاز الإنجليزى Vickers Armstrong) .

يتركب جهاز التجفيد من الأجزاء الآتية :

١ – وحدة تجميد وتتكون من نفس الأجزاء المستعملة فى الثلاجات ، فتحتوى على جهاز لضغط سائل التبريد Compressor ، ومكثف لتكثيف سائل التبريد ، وصمام تمدد expansion valve وأنابيب الانتشار evaporators . والسائل المستعمل فى هذه الأجهزة هو الفريون ٢٢ لما يمتاز به من سعة تبريدية عالية .

٢ – وحدة للتفريغ تتكون من طلمبة تفريغ زيتية قوة ٥ حصان .

٣ – غرفة التجفيف cabinet وتتكون من سخانات Heaters يوضع عليها صوانى التحميل . وهذه الغرفة تكون محكمة القفل جداً كما يوجد بداخلها أنابيب الانتشار evaporator وكذلك أماكن توصيل المزدوجات الحرارية .

٤ – مفاتيح التشغيل .

إعداد الجهاز للتجفيد :

١ – أثناء تجميد الصوانى المحملة بالمادة الغذائية فى أجهزة التجميد السريع تشغل الوحدة الخاصة بالتبريد فى جهاز التجفيد وذلك بعد قفل باب غرفة التجفيف جيداً حتى تنخفض درجة الحرارة داخل الغرفة إلى حوالى –١٠° مئوية ، ويستدل على ذلك من الأجهزة الخاصة .

٢ – تشغل طلمبة التفريغ لتأكد من التفريغ إلى الحد المطلوب .

٣ ــ بعد حوالى ساعة من تشغيل طلمبة التفريغ توقف الطلمبة ويفتح صمام الهواء لمعادلة الضغط داخل غرفة التجفيف والضغط الجوى .

٤ ــ تنقل الصوانى المحملة بالمادة الغذائية بأقصى سرعة من أجهزة التجميد إلى غرفة التجفيف وتوصل المزدوجات الحرارية ثم يقفل باب الغرفة جيداً .

٥ ــ تقرب الصوانى من بعضها بحيث تكون متلامسة وذلك بواسطة رافعة خاصة .

٦ ــ تشغل طلمبة التفريغ حتى يصل الضغط داخل الغرفة إلى ٠,١ ملليمتر زئبق وتستمر الطلمبة فى عملها طوال مدة التجفيف .

٧ ــ تشغل الأجهزة الخاصة بقياس درجة حرارة الغرفة والمادة الغذائية والتى تعمل بواسطة المزدوجات الحرارية . ويجب أن تكون درجة حرارة الغرفة فى بداية العملية لا تقل عن ــ ٢٠° م وتكون درجة حرارة وسط المادة الغذائية من ــ ٢٠ إلى ــ ٣٠° م .

٨ ــ فى أثناء العملية يتسامى الثلج الموجود بالمادة الغذائية ويتحول إلى بخار يتكثف على أنابيب الانتشار evaporators الموجودة داخل غرفة التجفيف .

٩ ــ يلاحظ من أجهزة البيان الخاصة بسير العملية أن سطح المادة الغذائية يبدأ فى الجفاف أولاً : فيلاحظ أن منحنى السطح يقرب من الصفر المئوى دلالة على التخلص من بلاورات الثلج فى هذه الأجزاء بينما تكون درجة حرارة مركز المادة الغذائية ما زالت تحت الصفر المئوى أى أن بلاورات الثلج ما زالت موجودة فى وسط المادة الغذائية .

١٠ ــ باستمرار العملية يبدأ المنحنى الخاص بمركز المادة الغذائية فى الاقتراب من الصفر المئوى وعندما يصل إلى هذه الدرجة تعطى فرصة من الوقت حوالى ساعة حتى ترتفع درجة الحرارة فى مركز المادة الغذائية إلى ١٠° م تقريباً .

١١ ــ عند ذلك يبدأ فى رفع درجة حرارة السخانات الكهربائية لتخلص من جميع الرطوبة الموجودة . وتستمر العملية لمدة حوالى ٣ــ٤ ساعات ، حسب

نوع المادة الغذائية ، حتى تصل درجة حرارة المادة الغذائية إلى ٣٥ — ٤٠° م ثم تستمر السخانات لمدة ساعة أخرى للتأكد من تمام عملية التجفيف .

١٢ — توقف طلمبة التفريغ وتنزل الصوانى بواسطة الرافعة الخاصة بذلك

١٣ — تفتح صمامات الهواء داخل الغرفة بعد فك المفاتيح الخاصة بها حتى لا يضغط الهواء على مفاتيح الباب فيصعب فتحه .

١٤ — تخرج الصوانى من داخل الغرفة وتزال المادة من عليها .

تعبئة المواد المجففة :

كما ذكر سابقاً من أهم عيوب المادة المجففة بهذه الطريقة أنها تكون شرهة لامتصاص الرطوبة ولذلك يجب الإسراع بتعبئتها فى أغلفة البولى إيثلين أو فى علب من الصفيح تحت تفريغ وإدخال غاز خامل مثل ثانى أكسيد الكربون أو النتروجين لمنع أكسدتها ثم سرعة قفل هذه العبوات

تجفيد عصائر الفاكهة والخضر :

يحتاج تجفيد العصائر لمجهود أكبر مقارناً بباقى المواد الغذائية أثناء عملية الإعداد والتجفيف والتعبئة بسبب زيادة تركيز المواد الصلبة الذائبة .

عصير البرتقال : هناك طريقتان لتجفيد عصير البرتقال .

الطريقة الأولى : يستخلص عصير البرتقال وتزال منه جميع البذور والألياف ثم يصب العصير فى عبوات خاصة من البلاستيك يبلغ ارتفاعها ١ سم وتوضع هذه العبوات فى جهاز التجميد السريع Quick Freezer على درجة —٤٠° ف لمدة نصف ساعة، وبعد ذلك تخرج الأطباق ويوضع بها المزدوجة الحرارية Thermocouple وترص فوق صوانى التجفيف وتوضع داخل غرفة التجفيف بجهاز التجفيد حتى يجف العصير . وتستغرق مدة التجفيف فى هذه الطريقة حوالى ٣٦ ساعة .

الطريقة الثانية : يسلق البرتقال لمدة ٥ دقائق ثم تعصر الثمار يأكملها بعد إزالة البذور ويصفى العصير بمصفاه ذات ثقوب قطر٢ مم ، وتساعد هذه العملية على إنزال جزء من البكتين بقشر الثمار مع العصير لرفع نسبة المواد الصلبة فتقل نسبة التجفيف كما تنخفض المدة اللازمة للتجفيف إلى حوالى نصف المدة المستنفدة فى الطريقة الأولى . ويعامل العصير كما فى الطريقة السابقة فى خطوات التجميد والتجفيف .

تعبئة العصير المجفد

يجب سرعة تعبئة العصير المجفد بمجرد خروجه من جهاز التجفيف ، وذلك فى عبوات من البولى إيثلين ، ثم تعبأ هذه العبوات داخل عبوات من الصفيح تحت تفريغ مع إحلال غاز النتروجين أو ثانى أكسيد الكربون محل الأكسجين داخل العبوة .

عصير الليمون : يجفد بالطريقة المتبعة فى عصير البرتقال .

عصير الطماطم : يجب نزع الهواء الذائب فى العصير deaeration قبل إجراء عملية التجفيف حتى لا يحدث فوران أثناء عملية التجفيف . ويفضل إضافة ٥٪ من البكتين إلى العصير لتقليل مدة التجفيف ولتساعد على ثبات العصير المجفف ، حيث إن العصير المجفف يكون شرداً لا متصاص الرطوبة. ويعبأ العصير المجفف فى عبوات من البولى إيثلين وتوضع داخل علب من الصفيح تحت تفريغ .

تجفيد بعض الأغذية :

عصير البرتقال والجوافة والأناناس والشليك :

يمكن تجفيد عصير البرتقال بدون تعرضه لأى تغيير فى تكهته أو لونه أو محتوياته من الفيتامينات تقريباً . وتتلخص طريقة التجفيد الشائعة فى إزالة الهواء من العصير deacrated ودفعه فى صوانى مجفف التفريغ فيتجمد ، وتحفظ درجة

الحرارة منخفضة عن نقطة التجميد فى الوسط المفرغ وأثناء ذلك يجفف العصير المتجمد بفعل الحرارة التى يكتسبها من الماء الساخن المارحول الأرفف. ويكثف البخار المتصاعد بتسامى البلورات الثلجية كما تزال بقية البخار غير المتكثف والهواء باستخدام مضخة تفريغ أو جهاز لسحب البخار أو كليهما . ويمكن نزع العصير المجفف من الصوانى بسهولة .

ويمكن اتباع هذه الطريقة فى تجفيف عصير كل من الجوافة والأناناس والشليك .

الجمبرى :

يجمد الجمبرى ويجفف بالتجميد فيحصل على ناتج أسفنجى القوام يتشرب

(شكل ١٠٣) جهاز تجفيد الأغذية ذو الأرفف

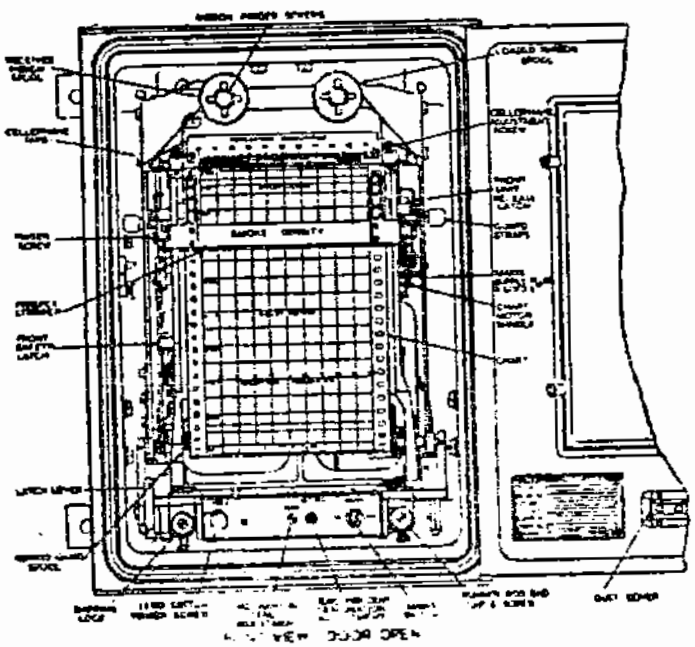
الماء بسرعة ويتميز بجودة نكهته وصفاته . ويراعى خفض نسبة الرطوبة فى الجمبرى إلى أقل حد ممكن وتخزين الجمبرى المجفف فى مكان بارد تحاشياً لتكون رائحة ثلاثى الميثايل أمين .

اللحوم :

تتميز اللحوم المجففة بالتجميد بجودة صفاتها وسرعة تشربها وعدم تزانخها أثناء التخزين . فاللحوم المجففة تختلف فى مذاقها عن اللحوم الطازجة . وتنقد اللحوم المجففة بريقها أثناء التخزين فتصبح قاتمة نتيجة لتأكسد الهيموجلوبين . ويمكن منع حدوث الأكسدة .

معدات التجفيد :

يجرى التجفيد بطريقة الوجبات أو بالطريقة المستمرة . فى طريقة الوجبات تستخدم مقصورة تفريغ رأسية مستطيلة مصنوعة من الصلب السميك ذات



(شكل ١٠٤) واجهة جهاز التجفيد

جدران وأرفف مثقبة . وتمتد مواسير المياه الساخنة مخترقة الجدران والأرفف المثقبة . ويوجد باب على كل من جانبى المقصورة يحكم قفله باستخدام طبقة من الكاوتشوك ، ويساعد التفريغ على إحكام القفل . ويقدر التفريغ بحوالى ٥٠٠ إلى ٧٠٠ ميكرون .

وفى الطريقة المستمرة تستخدم سيور متحركة ناقلة مصنوعة من الصلب غير القابل للصدأ لنقل المادة الغذائية . وتتلخص طريقة التجفيد المستمرة فى تركيز عصير البرتقال فى جهاز تحت ضغط منخفض Vacuum evaporator لا يتجاوز الضغط فيه ٥ إلى ١٠ ملليمتر زئبق ، ويغذى السير المتحرك بطبقة من هذا العصير المركز ذات سمك مناسب ، وتتعرض المادة الغذائية أثناء تحرك السير إلى أشعة فوق الحمراء المنبعثة من مصابيح مثبتة فترتفع درجة حرارة العصير المركز بفعل حرارة هذه الأشعة ويتحول العصير المركز إلى مسحوق جاف . ويبرد العصير المجفف قرب نهاية مرحلة تحرك السير بفعل ماء بارد يمر خلال مواسير التبريد فيتحول العصير إلى طبقة جافة يسهل كشطها . وتستغرق دورة التجفيد حوالى تسع دقائق عند ضغط يقرب من ١,٢ ملليمتر زئبق . ويمكن تعديل نكهة العصير المجفف بإضافة زيت البرتقال إليه مذاباً فى السوربيتول ويعبأ العصير المجفف فى علب صفيح ويوضع معه قليل من مادة مجففة مثل أكسيد الكالسيوم معبأة فى كيس من الورق ، ثم تقفل العلب تحت تفريغ شديد .

تجميد عصير الفاكهة المركز بالتبخير

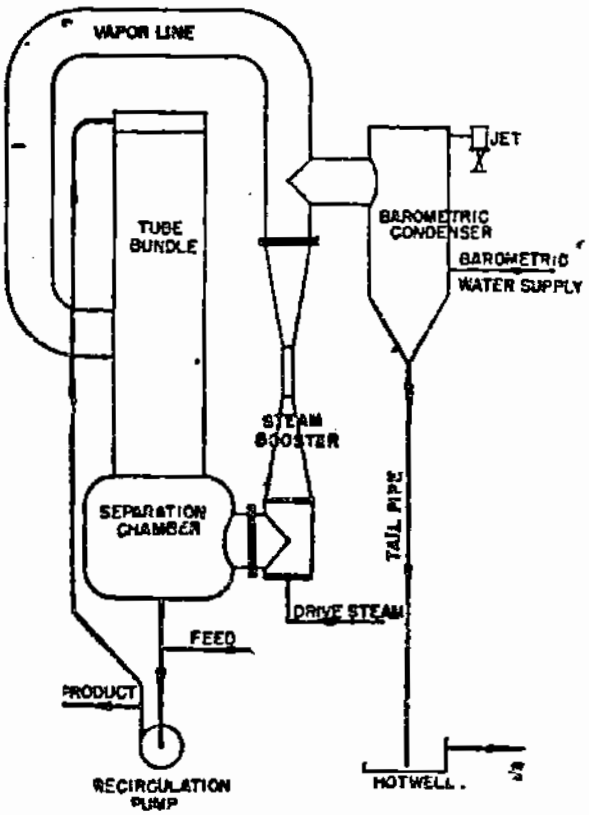
حلت صناعة تجميد العصير المركز محل تجميد العصير العادى الطازج . ويلزم العناية بتركيز العصير منعاً لتغير صفاته بتأثير الحرارة وطول مدة التسخين والأكسدة بتأثير الأكسجين الجوى . وكذلك لتحاشى فقد حامض الأسكوربيك بتأثير فعل الملامسة للنحاس . ويلاحظ أن نكهة عصير بعض الفواكة تتأثر بدرجة أسرع من غيرها . مثال ذلك عصير اليوسفى والبرتقال اللذان تتغير نكهتهما بتأثير حرارة التركيز على درجة ٨٠° إلى ١٠٠° فهرنهيت بينما يتحمل عصير الأناناس والتفاح درجة حرارة ١٣٠° فهرنهيت دون أن تتأثر النكهة . ويتحمل عصير العنب الحرارة بدرجة أكبر من عصير اليوسفى ، لكنه يتعرض للأكسدة . وعموماً يذكر أنه يفضل تركيز العصير بالتجميد أو التفريغ الشديد بدلاً من الحرارة المرتفعة وذلك للمحافظة على جودة صفات المنتجات .

أسس التركيز بالتفريغ :

يسخن العصير فى أجهزة التبخير المفرغة vacuum evaporators ؛ ويفضل استعمال مسخن خارجى تحاشياً لإتلاف نكهة ولون العصير نتيجة لحرارة التسخين المباشر وتحاشياً لارتفاع درجة الحرارة فى بعض مناطق العصير مما يسبب تكرمل جزء من السكر . وتتوقف سرعة انتقال الحرارة فى السائل على لزوجته ، وحرارته النوعية ، والفرق بين درجة حرارة السائل ودرجة حرارة أنابيب التسخين ، وترتيب وضع أنابيب التسخين ، وسرعة سريان سائل التسخين فى الأنابيب ، وسرعة سريان العصير فوق الأنابيب . ويمكن استخدام مضخة تعمل على دوران العصير أثناء تركيزه بدلاً من إتمام التركيز خلال مرور العصير مرة

واحدة فوق الأنابيب . وهذه المضخة يجب أن تكون قوية لأن القوة المطلوبة تزداد بازدياد كثافة العصير أثناء التركيز . ويراعى استمرار التخلص من البخار المتكثف والغازات المتكثفة أثناء عملية التركيز .

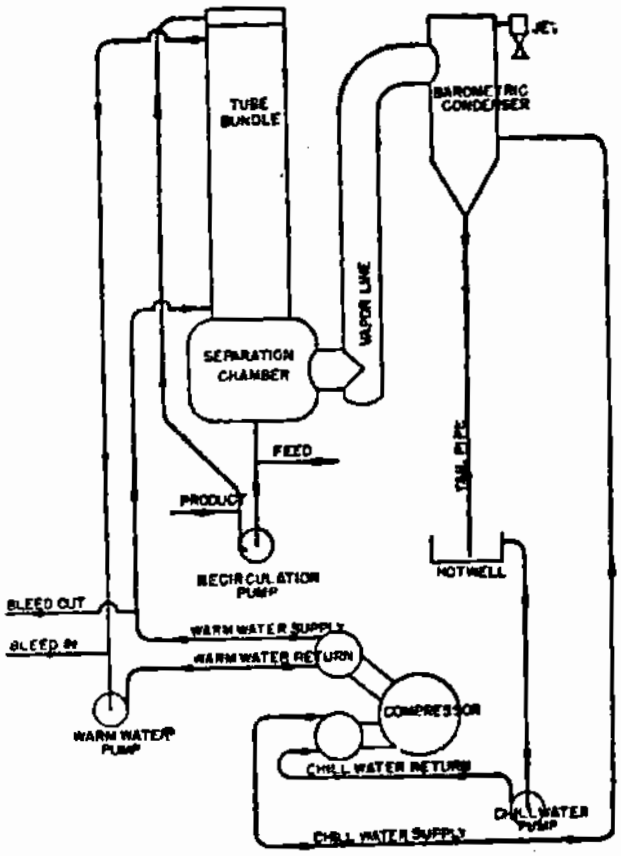
وتبلغ حرارة التبخير heat of vaporization ٩٧٢ وحدة حرارة بريطانية لكل رطل من الماء ؛ أما بقية الحرارة الممتصة فى العصير فتستخدم فى رفع درجة حرارة العصير إلى نقطة غليانه وهى تقدر بحوالى ٠,٨ إلى ٠,٩ وحدة حرارة بريطانية لكل رطل من الماء لكل درجة حرارة واحدة فهرنهيتية وتعرف باسم Sensible heat . وبديهى أن بخار الماء المتصاعد من العصير أثناء التركيز يحتفظ بكل الحرارة الممتصة ولذلك فمن الممكن استخدامه فى التسخين فى جهاز التبخير الثانى . ومن الضرورى خفض الضغط فى جهاز التبخير الثانى بدرجة تكفى لإحداث التفريغ بسرعة على درجة حرارة أقل من درجة حرارة البخار المستخدم فى تسخين جهاز التبخير الثالث . وبديهى أن كل جهاز يعمل على درجة حرارة وضغط مختلفين عن باقى الأجهزة . وهذا التسلسل يفيد اقتصاديًا فيقلل تكاليف التسخين . كذلك يزداد التوفير فى حالة كبس البخار المتصاعد من الجهاز الأخير واستخدامه فى تسخين الجهاز الأول ، ويجرى هذا الكبس حراريًا أو ميكانيكيًا ، فالكبس الحرارى يجرى بمزج البخار ذى الضغط المنخفض ببخار ماء ذى ضغط مرتفع فى جهاز خاص injector or booster.



(شكل ١٠٥) دورة الكبس الحرارى للبخار

Heat Pump Cycle using Steam Recompression

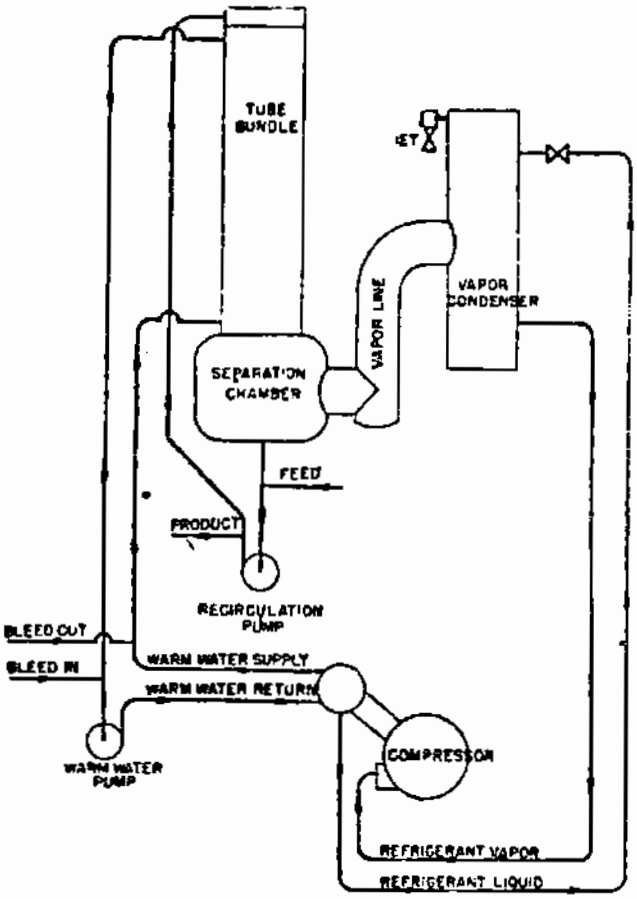
وفى نظام آخر تستخدم سوائل التبريد مثل الأمونيا فيبخر سائل التبريد أثناء تكثيف بخار الماء ثم يعاد غاز سائل التبريد إلى الكبس فتنطلق منه حرارة يمتصها الماء الذى ينقلها إلى العصير المراد تبخيره .



(شكل ١٠٦) دورة التكثيف باستخدام سائل التبريد

Heat pump cycle using secondary refrigerant

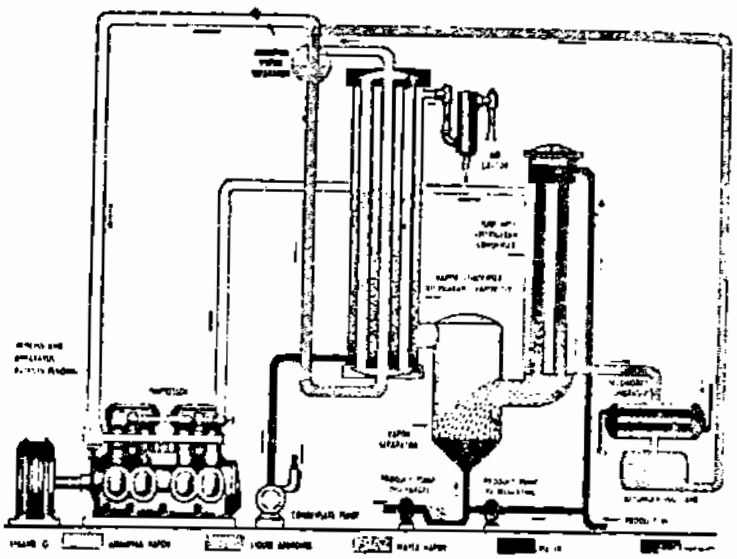
وفى نظام ثالث يستخدم الماء المثلج لتكثيف البخار المتصاعد من العصير بدلاً من سائل التبريد . وبذلك يكون الماء هو المستخدم فى كل عمليتى تبخير وتكثيف الماء من العصير .



(شكل ١٠٧) دورة التكثيف باستخدام الماء المبرد

Heat Pump cycle using secondary refrigerant

وفى نظام رابع يعرف باسم النظام المباشر direct application heat pump cycle يستخدم سائل التبريد فى كلى جانبي العملية بدون استخدام الماء كوسط ناقل للحرارة ، إذ تكثف الأبخرة بتأثير تبخر سائل التبريد بينما تبخر رطوبة العصير بتأثير تكثيف وكبس سائل التبريد .



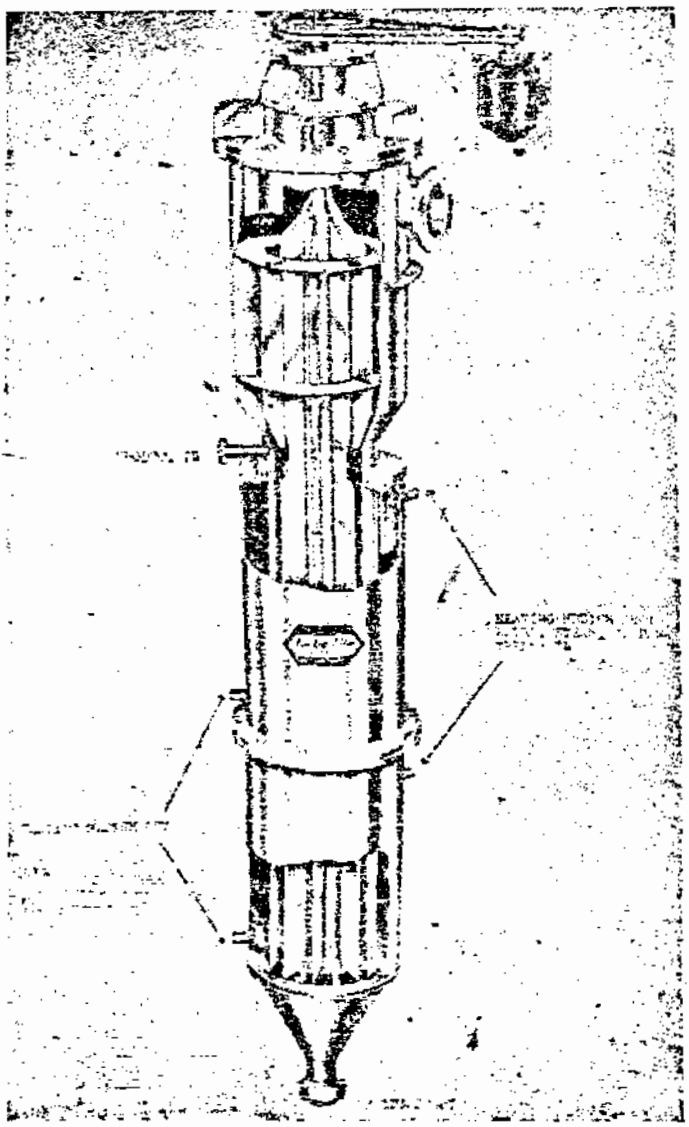
(شكل ١٠٨) دورة التسخين والتكثيف المباشر

ولكل من النظم السابق شرحها مزايا وعيوب ، ويتوقف اختيار أنسبها على موقع المصنع وتصميمه وتوفر الماء البارد وسعر الكهرباء أو البخار . فى حالة توفر الماء والبخار يعتبر أول هذه النظم أكثرها صلاحية .

أنواع أجهزة التبخير :

توجد أنواع مختلفة من أجهزة التبخير أشهرها أجهزة التبخير وحيدة الممر Single pass Evaporators ، وجهاز الدوران الحرارى Thermal Circulation، وجهاز الدوران ذى المضخة Forced Circulation ، وجهاز التبخير ذى النظام الهابط Falling Film Evaporator . فى أجهزة التبخير وحيدة الممر يلزم التحكم فى مساحة سطح التسخين ومساحة مقطع الأنابيب والضغط البخارى ومستوى

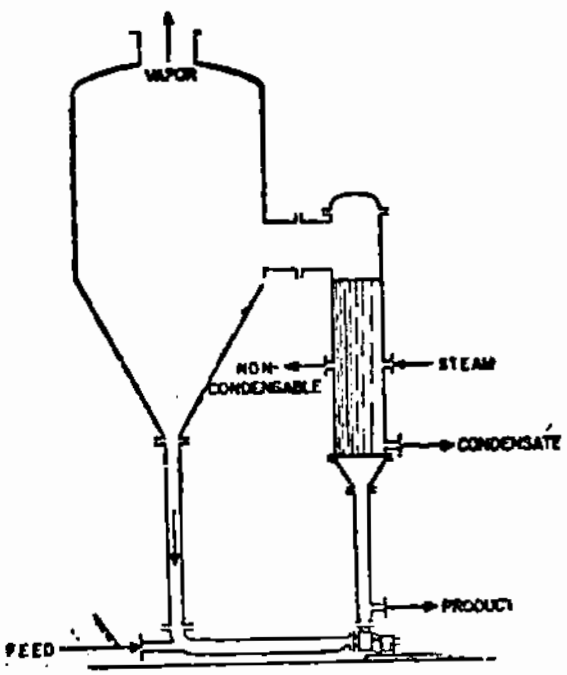
سطح السائل وقرة تدفق السائل للحصول على نتائج طيبة . ويتكون هذا الجهاز من أنبوبة واحدة يعلوها مقصورة الفصل ومزودة بحدافات تستقبل العصير المندفع فى الأنبوبة وتدفعه فى هيئة طبقة رقيقة على سطح الأنبوبة ، وبذلك



(شكل ١٠٩) جهاز تبخير وحيد المر

يسيل العصير لأسفل بتأثير الجاذبية الأرضية فيتعرض لحرارة جدران الأنبوبة وتنطلق منه الرطوبة خلال ثوانٍ قليلة ، وهذه الرطوبة المتبخرة تصعد إلى جزء علوى مزود بحدافات تدور بسرعة فتعمل على فصل قطرات السائل الموجودة فى الأبخرة . والملاحظ أن حدافات توزيع العصير تساعد على منع ارتفاع درجة الحرارة فى بعض أجزاء العصير مما يؤدى إلى التكرمل .

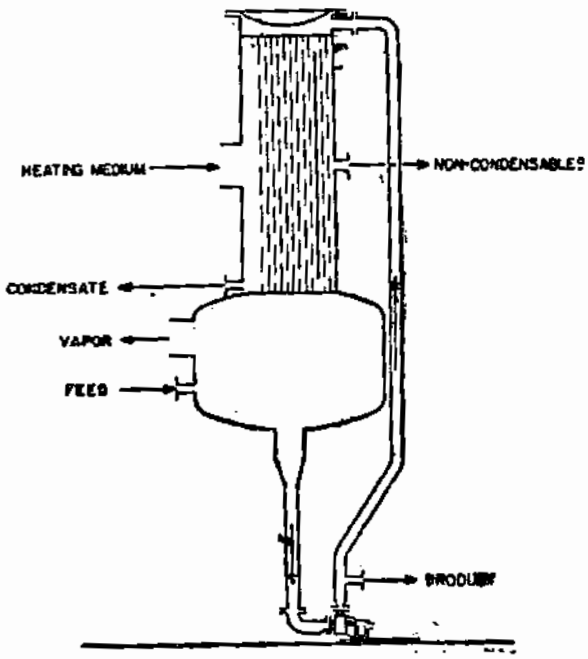
وفى جهاز الدوران الحرارى يتحرك السائل بتأثير الحرارة حيث يدفع السائل فى جهاز تسخين خارجى به كمية معينة من الناتج ، فعند تسخين السائل للغليان يكون هناك فرق فى درجة الحرارة بين السائل الذى يغلى والناتج المحفوظ داخل جهاز التبخير ، وهذا الفرق فى الحرارة يسبب دوران السائل . ويفصل البخار



(شكل ١١٠) جهاز الدوران فى المضخة

عن العصير المركز بواسطة مضخة . وقد تستخدم مضخة لتنظيم سرعة دوران السائل داخل الجهاز .

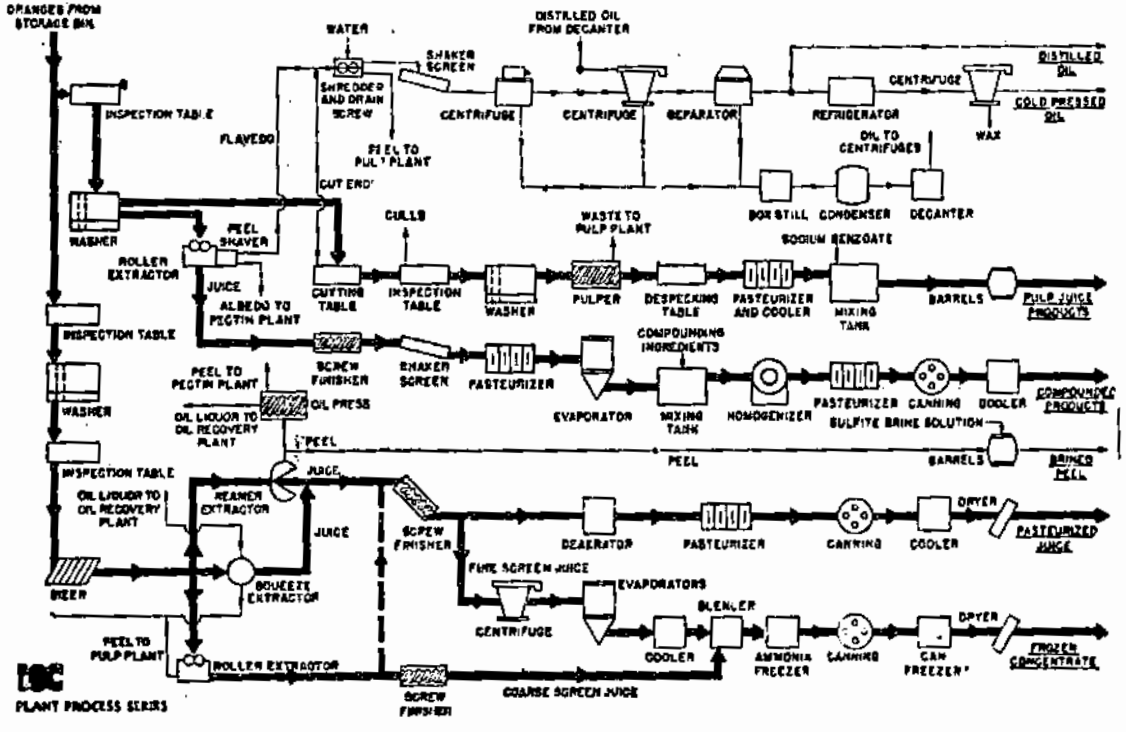
ويتميز جهاز التبخير ذى النظام الهابط بسرعة عملية التركيز وانخفاض درجة الحرارة المستخدمة فى التبخير والتسخين مما يدعو إلى احتفاظ العصير المركز بنكهته وفيتامیناته . وفى هذا الجهاز تغذى الأنابيب بالعصير عند قمتها ويترك العصير ليهبط فى هيئة طبقة رقيقة فيسخن ويخرج منه بخار الماء مندفعاً فى نفس اتجاه السائل مما يسبب زيادة سرعة اندفاع السائل . ويفصل البخار عن العصير فى مقصورة الفصل ، ويستخدم هذا البخار فى تسخين دفعة أخرى من العصير أو يكثف ويستبعد . ويمكن استخدام مثل هذا الجهاز فى طريقة الوجبات أو فى التركيز بطريقة مستمرة .



(شكل ١١١) جهاز تركيز ذو نظام هابط

تركيز عصير البرتقال بالتجميد والتفريغ :

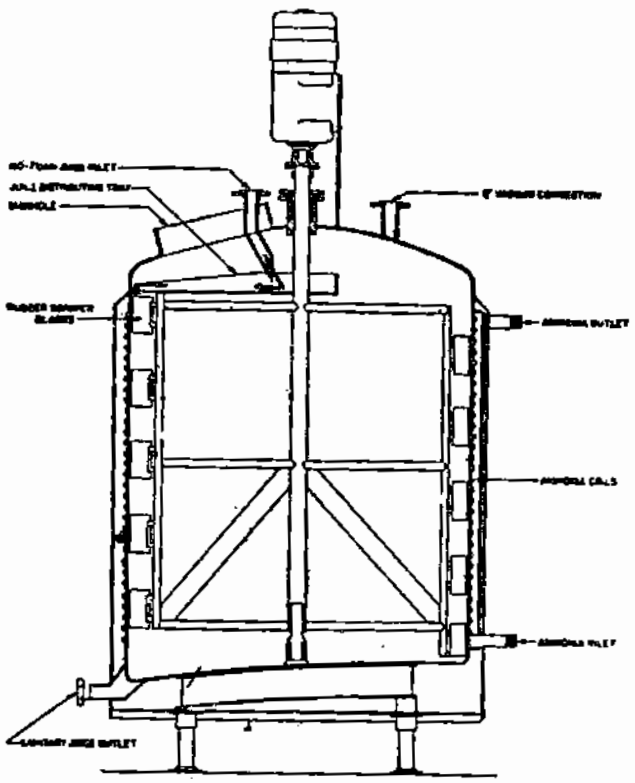
تنتخب الأصناف المناسبة ، وتفرز الثمار لفصل التالف منها والمخالف للصنف المرغوب ، ثم تختبر الثمار معمليًّا لتقدير نسبة حامض الستريك ودرجة البركس للعصير . وعند البدء فى التصنيع تغسل الثمار مبدئيًّا وتحك بالفرش أو تعرض لرذاذ الماء القوى ويعاد الغسيل بماء به كلور . ثم يعاد فرز الثمار وتدريجها تبعاً للحجم ضماناً لجودة استخلاص العصير منها . ويلى ذلك استخلاص العصير من الثمار باستخدام آلات العصر المناسبة التى أشهرها Rotary Juice Extractor Citro-Mat, Brown Extractor, FM In-Line Extractor . ويمرر العصير فى أنابيب من الصلب غير القابل للصدأ إلى المصافى حيث يصفى حوالى أربعة أخماسه بمصافى Screens ثقوبها ٠,٠٢٠ لفصل جميع اللب ، بينما الخمس الباقى يصفى بمصافى ثقوبها أكثر اتساعاً ليحتفظ هذا الجزء من العصير ببعض اللب وجيوب العصير . ثم يطرد الهواء من العصير deaerated ويبرد إلى درجة ٤٠° فهرنهيت ، أو يعامل العصير بالطرد المركزى ويبرد ، أو يستغنى عن عمليات طرد الهواء والتبريد بالطرد المركزى . وقد يصفى الجزء الصغير من العصير المحترى على اللب خلال مصفاة متحركة لإزالة البذور والأجزاء الكبيرة من اللب إن وجدت ، وبعدها يبرد العصير إلى درجة ٣٢ إلى ٣٤° فهرنهيت . وإذا كانت درجة حرارة تركيز العصير ليست مرتفعة إلى الحد الذى عنده يهلك إنزيم البكتين إستيريز ، فقد يسخن العصير قبل التركيز إلى درجة ١٦٥° فهرنهيت لمدة ثلاث ثوان لمنع حدوث الترويق Clarification مستقبلاً ، فهذه المعاملة تؤدى إلى قتل ثلاثة أرباع كمية الإنزيم كما أنها تفيد فى قتل حوالى ٩٩ فى المائة من كمية الأحياء الدقيقة الملوثة للعصير . ثم يركز العصير فى أجهزة التركيز السابق شرحها حتى يصبح تركيزه حوالى ٥٥° إلى ٦٠° بركس ،



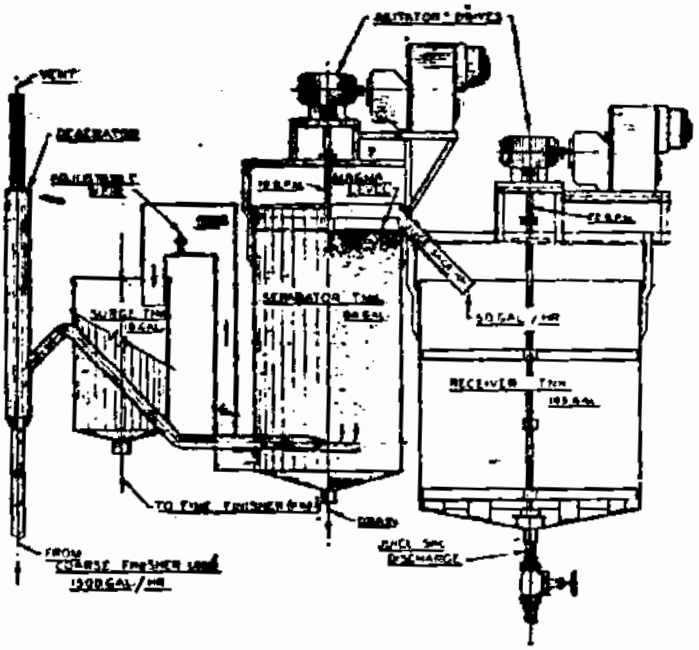
(شكل ١١٢) رسم توضيحي لعمليات تركيز عصير البرتقال واستخراج الزيت

وبعدها ينطلق العصير فى أنابيب مبردة مصنوعة من الصلب غير القابل للصدأ لخفض درجة حرارة العصير إلى ٦٠° أو ٤٠° فهرنهيت ، ويخزن العصير فى صهاريج على هذه الدرجة .

ومن العمليات التى تجرى أحياناً على العصير المركز تقوية نكهته بإضافة زيت قشر البرتقال إليه أو بإضافة عجينة برتقال Orange purée محضرة بهرس أو تقطيع الثمرة الكاملة وفصل بذورها وألبافها وجزء من قشورها بالمصفاة للحصول على بوريه بنسبة ٥٠ إلى ٦٠ فى المائة من الثمار وتحتوى على ٠,٥ إلى ٠,٧ زيتاً . وتضاف هذه العجينة بنسبة ٣ إلى ٤ فى المائة للعصير البالغ تركيزه ٤٦° بركس فينخفض التركيز إلى ٤٣° بركس . وفى حالة إضافة



(شكل ١١٣) صهريج تخزين العصير المحتوى على اللب وهو مبرد بالأمونيا ومزود بمقلبات



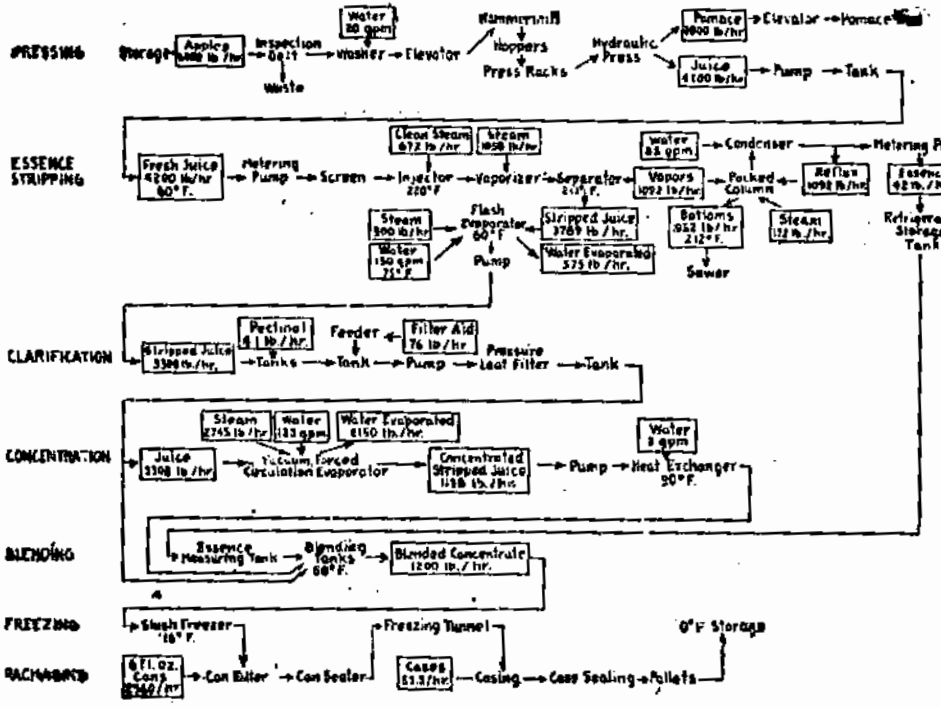
(شكل ١١٤) معدات فصل اللب من العصير

الزيت- تضاف الكمية اللازمة لرفع تركيزه إلى ٠,٠١ فى المائة . وللمحافظة على نكهة عصير البرتقال المعدلة ينصح بتخزينه على درجة — ١٨ فهرنهيت .

تركيز عصير الليمون :

تحتوى ثمار الليمون الجيد الصالحة لاستخراج العصير على حوالى ٢٥ فى المائة من وزنها عصيراً ، ويحتوى اللتر من العصير على حوالى ٤٥ إلى ٧٥ جراماً من حامض الستريك اللامائى . ويركز العصير بحالته الطبيعية أحياناً أو قد يضاف إليه السكر لرفع نسبة المواد الصلبة الذائبة إلى الحامض حتى تبلغ حوالى ١٧ إلى ١ .. وعادة يضاف جزء من اللب إلى العصير بنسبة تقرب من ثلاثمائة فى المائة .

وتغسل ثمار الليمون بماء به كلور وتفرز لفصل الثمار التالفة . ويعاد



(شكل ١١٥) خطوات تحضير عصير التفاح المركز

الغسل والفرز ، ثم تدرج الثمار تبعاً للحجم وتعصر ، ويصفى العصير خلال مصافٍ قطر ثقوبها ٠,٠٢٣ بوصة . ويبرد العصير عقب تصفيته إلى درجة ٤٥° فهرنهيت ويركز باستخدام أحد الأجهزة السابق شرحها . وعند الرغبة فى تحضير عصير مركز محلى بالسكر يضاف للعصير الطازج كمية من اللب لرفع نسبة اللب إلى ثلاثة فى المائة ثم يضاف السكر بالكمية اللازمة لرفع درجة البركس إلى الحد المناسب ويقلب العصير حتى يذوب السكر . ويلى ذلك تبريد العصير المحلى إلى درجة ٢٥° فهرنهيت وتعبئته فى علب من الصفيح النظيفة المطلاة بالإيناميل وتقفل العلب فى جو من البخار لإحداث تفريغ بالعلب يقدر بحوالى ١٥ بوصة ، ثم يجمد العصير المركز فى العلب بإمرار العلب على سير فى نفق التجميد المنطلق به هواء سرعته ٤٠ ميلاً فى الساعة على درجة — ٣٥° فهرنهيت . ويستمر التجميد حتى تنخفض درجة حرارة العصير فى العلب إلى — ١٨° فهرنهيت . وتستغرق عملية التجميد حوالى نصف إلى ثلاث ساعات . وتخزن علب العصير المركز المجمد على درجة — ١٠° فهرنهيت .

تركيز عصير التفاح :

يوضح الشكل السابق طريقة تجارية لتركيز عصير التفاح .

وتتلخص هذه الطريقة فى استخراج العصير وتعديل الرائحة والترويق والتركيز والخلط والتجميد والتعبئة . ويستخرج العصير بالطرق العادية ثم يسخن للتخلص من جزء من الرائحة ويروق إنزيمياً ويرشح ويركز وتمزج أصناف مختلفة من العصير فى صهريج مبرد ومزود بمقلبات ويبرد المزيج ويجمد حتى يتحول حوالى عشره إلى بللورات ثلجية ، ثم يعبأ العصير الناتج فى علب صفيح ويستكمل تجميده .

تركيز عصير الكريز :

يسخن عصير الكريز الطازج إلى درجة ٢٣٠° فهرنهيت لمدة تسعين ثانية ويبخر ٤٠ فى المائة منه فى جهاز تقطير المادة الطيارة Essence recovery unit

ويضاف رطل بكتينيز (Pectinol M) لكل مائة جالون عصير ، ويترك العصير لمدة ليلة ويرشح ويسخن للدرجة ٢١٠° فهرنهيت لمدة ثانيتين لقتل بقايا البكتينيز . ثم يركز العصير للدرجة ٧٠,٧ بركس تحت تفريغ يبلغ ٢٦ إلى ٢٧ بوصة . ثم يضاف الجزء المحتوى على المواد الطيارة إلى هذا العصير المركز فيصبح التركيز ٦٨,٥° بركس . ويحلى العصير المركز بإضافة محلول سكرى إليه تركيزه ٦٨,٥ بركس .

تركيز عصير الكمثرى :

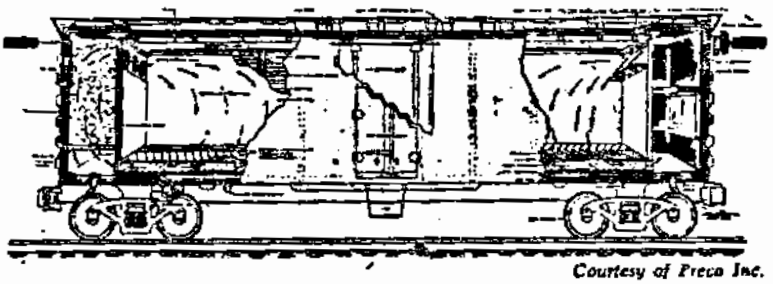
تغسل الكمثرى الناضجة وتسلق فى البخار وتهرس لتتحول إلى عجينة وتبرد العجينة إلى درجة ١٠٠° فهرنهيت ويضاف إليها بكتينول A أو B بنسبة نصف فى المائة وتترك لمدة خمس ساعات أو تبرد لدرجة ٦٥° إلى ٧٠° فهرنهيت وتترك لليوم التالى ، ثم تكبس العجينة فى مكبس إيدروليكى ويعاد ترويق العصير الناتج بترشيحه تحت ضغط بعد إضافة مادة diatomaceous earth إليه بنسبة ربع فى المائة للمساعدة فى الترشيح . ويلى ذلك نزع جزء من المواد الطيارة بطريقة مناسبة لتضاف فيما بعد للعصير المركز . ويركز العصير الناتج إلى درجة ٧٢° بركس تحت ضغط منخفض فى أحد أجهزة التركيز السابق شرحها . وعقب إضافة المواد الطيارة للعصير المركز إلى درجة ٧٢° بركس يجمد الناتج ويخزن على درجة الصفر الفهرنهيتى أو تحت الصفر .

نقل الأغذية المجمدة :

يستلزم حفظ الأغذية بالتجميد إعداد وسائل نقلها إلى مناطق الاستهلاك لمنع انصهارها أثناء النقل ، إذ أن الانصهار الجزئى للمنتجات المجمدة يلفها حتى لو أعيد تجميدها ببطء فى الثلاجات المنزلية . فيستعمل فى نقل الأغذية المجمدة وسائل مبردة متنوعة التصميم ، من أمثلتها ما يعرفه الأمريكيون بالأسماء :

Standard ice refrigerator cars. Mechanical refrigerator cars, Heavily insulated refrigerator cars. Dry ice cars, Silica gel refrigerator cars,

Rai'road Riding Freezer Plant, South African roof tank cars, Refrigerated trucks. Refrigerated boats and barges



(شكل ١١٦) عربة مبردة لنقل الأغذية المجمدة

نظافة مصانع تجميد الأغذية :

تعتبر نظافة المصانع ركناً أساسيًّا من أركان العمل لأنها مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بالإنتاج . فى أمريكا تنص المادة ٣ من الباب ٤٠٢ ؟ فى قانون الأغذية الصادر عام ١٩٣٨ على اعتبار الغذاء مغشوشاً إذا وجد به مواد قذرة أو فاسدة متحللة ، كما تنص المادة على اعتبار الغذاء مغشوشاً إذا حضر أو عبئ أو خزن تحت ظروف غير صحية تؤدى إلى تلوثه بالقاذورات أو تجعله ضارًّا بالصحة .

ومن مظاهر عدم النظافة فى مصنع التجميد وجود الفيران والذباب والحشرات ، وقذارة دورات المياه ، وتلوث المياه ، وتلوث الخامات ببقايا الحشرات والحيوانات ، وعدم نظافة الأجهزة والأدوات ، وعدم التخلص من البقايا ، وسوء عادات بعض العمال .

وتراعى الاشتراطات الصحية فى تشييد المصانع لضمان جودة التهوية وتصريف المياه والمخلفات ومنع دخول الفيران والحشرات وتوفر الإضاءة وسهولة التنظيف وتوفر المياه الصالحة للشرب .

ويجب المداومة على تنظيف الآلات والأدوات ، كما يجب العناية بتداول الأغذية أثناء تجميدها . ويلزم ملاحظة نظافة الأشخاص القائمين بالعمل

فى المصنع وتوقيع الكشف الطبى عليهم على فترات متقاربة . ومن الأماكن المعرضة للتلوث بكثرة ويلزم ملاحظتها بدقة المخازن وغرفة الغلاية .

مراقبة الجودة فى مصانع تجميد الأغذية :

يجب أن يوضع فى الاعتبار عند مراقبة جودة الأغذية المجمدة أن هذه الأغذية تنافس الأغذية الطازجة تجاريًّا الآن بعد أن كانت تنافس الأغذية المعلبة فقط . فقد أصبح جمهور المستهلكين فى معظم الدول على دراية تامة بمزايا التجميد وتفوقه على غيره من طرق الحفظ الأخرى إذ أصبح معروفاً الآن أن الأغذية المجمدة تحتفظ بصفات الغذاء الطازج إلى حد كبير .

وللمحافظة على جودة المنتجات المجمدة يذكر بصفة عامة أنه يجب العناية بجميع خطوات التجميد من بدء اختيار الأصناف المناسبة حتى تخزين المنتجات فى الثلاجات أو نقلها إلى المستهلك تحت الظروف المناسبة . بل إن اختيار موقع المصنع يؤثر فى جودة المنتجات حيث إنه يحدد أصناف الخضر والفاكهة الممكن تجميدها ؛ وهى الأصناف المنزرعة فى المنطقة المقام بها المصنع ، فإن كانت الأصناف القريبة من المصنع رديئة كان الإنتاج رديئاً لأن المصنع لا محالة سوف يفضل استلام الخامات القريبة منه على غيرها المنزرعة فى مناطق نائية تقتضى تحمل المصنع لأعباء الشحن والنقل .

ويقصد بالعناية بجميع عمليات تصنيع وتداول الخضر أن تراعى النصائح والاشتراطات التى سبق ذكرها فى كل خطوة من خطوات صناعة تجميد الخضروات . مثال ذلك إنجاز العملية فى أسرع وقت ممكن لمنع تأثر اللون والنكهة وفيتامينات الخضر بطول فترة التداول والإعداد . كذلك التحكم فى الوقت المناسب للسلق لضمان قتل الإنزيمات وإيقاف التغيرات فى النكهة واللون أثناء التخزين ولتقليل الفقد فى ماء السلق ما أمكن ، واستعمال الماء اليسر فى الغسيل والسلق لأن الماء العسر يسبب تماسك غلاف حبوب البسلة . ويعنى بالتدريج للمحافظة على مظهر وتجانس الناتج وبالتالى ارتفاع سعره . وفى البلاد الحارة يجب العناية بتبريد الخامات بمجرد قطفها منعاً لتكاثر الأحياء الدقيقة على الخامات . ويعنى أيضاً بالعبوات لمنع تسرب الرطوبة ولمنع اكتساب المنتجات

للروائح غير المرغوبة . وتحدد درجة الحرارة المناسبة للتخزين تماماً لأن ارتفاع درجة حرارة التخزين عن المناسب يسبب فقداً فى النكهة واللون والفيتامينات وبعض الصفات الأخرى المرغوبة .

وفى حالة الفاكهة أيضاً يعتنى باختيار أصنافها وإنضاجها وفرزها وتقشيرها وتقطيعها منعاً لفقد نسبة عالية من فيتامينائها ومنعاً لتلون المنتجات . ويعتنى بتحديد التركيز الملائم للمحلول السكرى الذى قد يضاف إليه بعضاً من حامض الأسكوربيك لمنع ظهور اللون البنى فى المنتجات أثناء تجميدها وتخزينها . ويلزم إعطاء الخامات الوقت الكافى لتشرب السكر بداخلها قبل تجميدها . ويراعى أن تكون العبوات محكمة القفل تماماً لتمنع تسرب الهواء للداخل أيضاً فلا تكون قاصرة على منع تسرب العصير للخارج .

وبالنسبة للأسماك يجب تجميدها بسرعة بمجرد صيدها ثم تخزن على درجة حرارة منخفضة . ويجب إنجاز جميع الخطوات فى أسرع وقت ممكن .

وفى تجميد اللحوم والطيور يعتنى بنظافتها تماماً كما يعتنى بتغليفها وتخزينها على درجة الحرارة الملائمة منعاً لتبقع السطح freezerburn .

طرق تقدير جودة الأغذية المجمدة :

١ — الخضراوات :

تقدر درجة النضج وصفات الخامات عن طريق تقدير الكثافة والصلابة واللون والمواد الصلبة الكلية والمواد الصلبة غير الذائبة فى الكحول والنشا ، كما فى البسلة مثلاً . ويمكن استخدام جهاز الليونة Tenderometer فى تحديد درجة نضج البسلة ، فالقراءة ١٠٠ تعنى أن البسلة نشوية ، وقراءة ٦٥ إلى ٩٥ تعنى أن البسلة مناسبة تماماً للتجميد . ويقدر لون البسلة معملياً لأن المستهلك يقبل على بعض الخضروات ، كالبسلة ، الداكنة اللون . ومن التقديرات السهلة الإجراء على الخضروات معملياً تقدير الكثافة أو الوزن النوعى . ويمكن إجراء ذلك بتقدير حجم ٥٠٠ جرام من البسلة بوضعها فى مخبار زجاجى مدرج به

ماء ، وبالنسبة للبسلة المجمدة تقدر الكثافة بوزن كمية مطحونة من الناتج مرة فى الهواء ومرة أخرى فى الماء أو الزيلين . ويمكن تقدير نسبة بذور البسلة المقشورة التى تهبط للقاع بوضعها فى محاليل ملحية بتركيز ١٣ ، ١٥ ، ١٦ فى المائة على التوالى . ويمكن تقدير النشاط فى البسلة بطريقة بسيطة تتلخص فى فرم البسلة داخل خلاط Waring Blendor واستخلاص النشا بمحلول حامض فوق كلوريك وإضافة محلول يود وتقدير كثافة اللون الأزرق باستخدام جهاز الألوان .

ويمكن الاستدلال على جودة البسلة المجمدة بتقدير محتوياتها من فيتامين (حـ) فانخفاض نسبة الفيتامين تعنى الإهمال فى تداول البسلة الطازجة وتخزين البسلة المجمدة . كذلك يحصى عدد البكتريا فى البسلة المجمدة ، فالعدد الكبير يعنى عدم نظافة مصنع التجميد أو ارتفاع درجة الحرارة عن الحد المناسب فى أى مرحلة من مراحل التصنيع أو صهر البسلة وإعادة تجميدها . ويؤكد هذه الحالة الأخيرة ملاحظة عدم امتلاء العبوة بالبسلة المجمدة وبهتان اللون أو تحوله إلى الأصفر ووجود كمية زائدة من بللورات الثلج فى العبوة . ويجب إجراء فحص حشرى على البسلة المجمدة .

ومن الطرق المتبعة فى تقدير درجة نضج بعض الخضروات ، كالذرة السكرية ، تقدير معامل الانكسار . كذلك تقدر الألياف كيماويًا باستعمال جهاز خاص fibrometer للحكم على درجة الأسبرجس المجمد وعلى صفات السبانخ وغيرهامن الخضراوات الورقية . وأحياناً يقدر حمض الأسكوربيك فى السبانخ لنفس الغرض ، فانخفاض نسبة الفيتامين تعنى طول مدة السلق أو طول فترة التبريد بعد السلق أكثر من اللازم .

ويعتقد أن أفضل الوسائل للحكم على صفات الفاصوليا المجمدة هى تقدير كل من الألياف وحمض الأسكوربيك وعدد البكتريا ، وبالنسبة للقنبيط تقدير حامض الأسكوربيك ، وبالنسبة للجزر الطازج تقدير صلابة الأنسجة آليًا .

٢ — الفاكهة :

تقدر درجة جودة الفواكه المجمدة بتقدير لونها وصفاتها وخلوها من العيوب . فاللون دليل واضح على درجة الجودة، إلا أن تقديره ليس سهلاً ، لذلك يكتفى بتقديره بالمقارنة بألواح قياسية أو فى جهاز مقارنة الألوان البسيط . ومن أفضل الطرق المستخدمة تقدير الوزن بعد الانصهار drained weight تحت ظروف محددة ، فانخفاض الوزن يعنى سوء تداول الفاكهة أو البطء فى تجميدها أو ازدياد نضجها عن الحد المناسب . وتدل الحموضة الكلية الزائدة أو رقم pH المنخفض على عدم اكتمال نضج الفاكهة . ويمكن الاستدلال على درجة الفاكهة المجمدة غير المضاف إليها السكر بتقدير نسبة السكر إلى الحامض ، فارتفاع نسبة السكر وانخفاض الحموضة يدلان على نضج الفاكهة . ويجب فحص جميع الفواكه المجمدة حشريًا

٣ — الأسماك :

فى حالة طول مدة أو ارتفاع درجة حرارة التصنيع عن اللازم أو تذبذب درجة حرارة التخزين تفقد الأسماك المجمدة عند انصهارها كمية كبيرة من السائل drip . ويمكن أن يقال بصفة عامة أنه كلما قلت كمية السائل المنفصل عند الانصهار كلما زادت جودة السمك المجمد . ولذا فإن الصناع يستغلون هذه الفكرة بمعاملة الأسماك معاملات خاصة قبل تجميدها بالطريقة البطيئة تؤدى إلى تقليل كمية السائل المنفصل . ومن هذه المعاملات الغمس فى محلول ملحى أو رفع قيمة pH بالغمس فى محلول قلوى . ويمكن الاستدلال على طول مدة تخزين الأسماك المجمدة بفحص دهونها إذ أنها تتزنخ بعد حوالى تسعة أشهر من بدء التخزين على درجة الصفر الفهرنهيتى . ولذلك يختبر للتزنخ بطريقة تقدير قيمة البيروكسيد أو باختبار حامض الثيوبار بتيوريك .

ويمكن اختبار السمك الطازج لمعرفة مدى احتفاظه بصفاته الطازجة باستخدام طريقة التعادل electrometric titration فتعادل عينة السمك بحامض كلوردريك قياسى حتى يصبح رقم pH ستة ثم يستمر فى التعادل حتى يتغير pH إلى ٤,٣ . وتعتبر نتيجة التعادل الأولى دليلاً على مدى حدوث التحلل فى السمك فكلما ارتفعت القيمة انخفضت درجة السمك ، بينما فى نتيجة التعادل الثانى يعتبر

ارتفاع القيمة دليلاً على ارتفاع جودة الأسماك . وتعتبر هذه الطريقة صالحة لبعض الأسماك فقط .

ويمكن تقدير قوة الرائحة المنبعثة من الأسماك باستخدام جهاز Stinkometer. وتتلخص الطريقة فى تهوية جزء معين من العصير المنطاق من السمك بتيار من الهواء النقى ثم إمرار الهواء فى مادة مؤكسدة تمتص المواد الطيارة من الهواء ، ويمكن تقدير هذه المواد الطيارة فيما بعد :

وتعد البكتريا فى السمك المجمد ، فإن زاد العدد على المليون فى الجرام الواحد دل ذلك على طول فترة بقاء الأسماك قبل تصنيعها أو ارتفاع درجة حرارة التجميد أو التلوث أثناء التحضير للتجميد . ويجب خلو الأسماك من الديدان أو الطفيليات.

٤ — اللحوم :

تقدر ليونة أنسجة اللحم بعدة طرق أهمها تقدير محتويات اللحم من النسيج الضام ، وتقدير الضغط اللازم لدفع جسم معين فى اللحم ، وتقدير الجهد اللازم لقطع مكعب من اللحم يوضع فى جهاز خاص tenderometer ، وتقدير القوة الجازة Shearing strength للحم .

ويمكن الاستدلال على حدوث تزنخ فى دهن اللحوم بتقدير قيمة البير وكسيد أو تقدير الأكسيجين النشط أو بإجراء اختبار حامض الثيوبار بتيوريك .

٥ — الطيور :

يدل تبقع جلد الطيور المجمدة على طول مدة تخزينها على درجة حرارة مرتفعة أو درجة حرارة غير ثابتة ، أو قد يكون التغليف ليس جيداً . وقد يستدل على جودة الطيور بتقدير مدى التزنخ الذى طرأ على دهونها .

وقد وضعت بعض الدول مواصفات قياسية للأغذية المجمدة ، ومثالها فى الولايات المتحدة الأمريكية المواصفات المقترحة من المصادر الثلاثة التالية :

Individual packer's standards.

Grade standards of the Agricultural Marketing service, U.S. Department of Agriculture.

Mandatory standards of identity established by the Food and Drug Administration.

مركز صناعة تجميد الأغذية فى جمهورية مصر العربية :

تحتل صناعة تجميد الجمبرى مركزاً ممتازاً بسبب ازدياد الطلب من الدول الأجنبية على الجمبرى المصرى المجمد . فى عام ١٩٦١ صدرت الجمهورية العربية المتحدة حوالى ١١٣٢ طنًّا من الجمبرى المجمد قدرت قيمتها النقدية بحوالى ٤٦٣٠٠٠ جنيه . وقد توسعت هذه الصناعة حديثاً .

ويقوم بتجميد الجمبرى محليًّا أربعة مصانع بالإسكندرية ومصنعان فى بورسعيد ، وهناك مصنع سابع حديث الإنشاء بالإسكندرية . وتبلغ القدرة الإنتاجية لهذه المصانع حوالى ١٠٠٠٠ طن من الجمبرى الطازج ينتج عنها ٤٠٠ طن من الجمبرى المجمد .

وتجمد بعض الأسماك الأخرى محليًّا على نطاق تجارى ، كذلك تجمد بعض الخضراوات محليًّا .

جدول تحويل درجات الحرارة من مئوية إلى فرنهيتية وبالعكس

م°	ف°	م أو ف°	م°	ف°	م أو ف°	م°	ف°	م أو ف°	م°	ف°	م أو ف°
−٤٠,٠	−٤٠,٠	−٤٠	−١٧,٨	٠	١٥	−١٢,٢	+٥,٠	٢٣	−٧,٢	+٢٠,٠	٤٥
−٣٩,٤	−٣٩,٠	−٣٩	−١٧,٢	+١,٠	١٤	−١١,٧	+٦,٨	٢٢	−٦,٧	+٢٠,٦	٤٤
−٣٨,٩	−٣٨,٠	−٣٨	−١٦,٧	+٢,٨	١٣	−١١,١	+٨,٦	٢١	−٦,١	+٢١,٠	٤٣
−٣٨,٣	−٣٧,٠	−٣٧	−١٦,١	+٤,٦	١٢	−١٠,٦	+١٠,٤	٢٠	−٥,٥	+٢١,٢	٤٢
−٣٧,٨	−٣٦,٠	−٣٦	−١٥,٥	+٦,٤	١١	−١٠,٠	+١٢,٢	١٩	−٥,٠	+٢٢,٠	٤١
−٣٧,٢	−٣٥	−٣٥	−١٥,٠	+٨,٠	١٠	−٩,٤	+١٤,٠	١٨	−٤,٤	+٢٢,٤	٤٠
−٣٦,٧	−٣٤	−٣٤	−١٤,٤	+٩,٨	٩	−٨,٩	+١٥,٨	١٧	−٣,٩	+٢٣,٠	٣٩
−٣٦,١	−٣٢	−٣٣	−١٣,٩	+١١,٦	٨	−٨,٣	+١٧,٦	١٦	−٣,٣	+٢٣,٨	٣٨
−٣٥,٦	−٣١	−٣٢	−١٣,٣	+١٣,٤	٧	−٧,٨	+١٩,٤	١٥	−٢,٨	+٢٤,٦	٣٧
−٣٥,٠	−٣١,٠	−٣١	−١٢,٨	+١٥,٢	٦	−٧,٢	+٢١,٢	١٤	−٢,٢	+٢٥,٠	٣٦
−٣٤,٤	−٣٠,٢	−٣٠	−١٢,٢	+١٧,٠	٥	−٦,٧	+٢٣,٠	١٣	−١,٧	+٢٥,٨	٣٥
−٣٣,٩	−٢٩	−٢٩	−١١,٧	+١٨,٨	٤	−٦,١	+٢٤,٨	١٢	−١,١	+٢٦,٦	٣٤
−٣٣,٣	−٢٨,٤	−٢٨	−١١,١	+٢٠,٦	٣	−٥,٥	+٢٦,٦	١١	−٠,٦	+٢٧,٤	٣٣
−٣٢,٨	−١٦,٦	−٢٧	−١٠,٦	+٢٢,٤	٢	−٥,٠	+٢٨,٤	١٠	٠	+٢٨,٢	٣٢
−٣٢,٢	−١٤,٨	−٢٦	−١٠,٠	+٢٤,٢	١	−٤,٤	+٣٠,٢	٩	+٠,٦	+٢٩,٠	٣١
−٣١,٧	−١٣,٠	−٢٥	−٩,٤	+٢٦,٠	٠	−٣,٩	+٣٢,٠	٨	+١,١	+٢٩,٨	٣٠
−٣١,١	−١١,٢	−٢٤	−٨,٩	+٢٧,٨	١	−٣,٣	+٣٣,٨	٧	+١,٧	+٣٠,٦	٢٩
−٣٠,٦	−٩,٤	−٢٣	−٨,٣	+٢٩,٦	٢	−٢,٨	+٣٥,٦	٦	+٢,٢	+٣١,٤	٢٨
−٣٠,٠	−٧,٦	−٢٢	−٧,٨	+٣١,٤	٣	−٢,٢	+٣٧,٤	٥	+٢,٨	+٣٢,٢	٢٧
−٢٩,٤	−٥,٨	−٢١	−٧,٢	+٣٣,٢	٤	−١,٧	+٣٩,٢	٤	+٣,٣	+٣٣,٠	٢٦
−٢٨,٩	−٤,٠	−٢٠	−٦,٧	+٣٥,٠	٥	−١,١	+٤١,٠	٣	+٣,٩	+٣٣,٨	٢٥
−٢٨,٣	−٢,٢	−١٩	−٦,١	+٣٦,٨	٦	−٠,٦	+٤٢,٨	٢	+٤,٤	+٣٤,٦	٢٤
−٢٧,٨	−٠,٤	−١٨	−٥,٥	+٣٨,٦	٧	٠	+٤٤,٦	١	+٥,٠	+٣٥,٤	٢٣
−٢٧,٢	+١,٤	−١٧	−٥,٠	+٤٠,٤	٨	+٠,٦	+٤٦,٤	٠	+٥,٥	+٣٦,٠	٢٢
−٢٦,٧	+٣,٢	−١٦	−٤,٤	+٤٢,٢	٩	+١,١	+٤٨,٢	−١	+٦,١	+٣٦,٨	٢١
			−٣,٩	+٤٤,٠	١٠	+١,٧	+٥٠,٠	−٢	+٦,٧	+٣٧,٦	٢٠
			−٣,٣	+٤٥,٨	١١	+٢,٢	+٥١,٨	−٣	+٧,٢	+٣٨,٤	١٩
			−٢,٨	+٤٧,٦	١٢	+٢,٨	+٥٣,٦	−٤	+٧,٨	+٣٩,٢	١٨
			−٢,٢	+٤٩,٤	١٣	+٣,٣	+٥٥,٤	−٥	+٨,٣	+٤٠,٠	١٧
			−١,٧	+٥١,٢	١٤	+٣,٩	+٥٧,٢	−٦	+٨,٩	+٤٠,٨	١٦
			−١,١	+٥٣,٠	١٥	+٤,٤	+٥٩,٠	−٧	+٩,٤	+٤١,٦	١٥
			−٠,٦	+٥٤,٨	١٦	+٥,٠	+٦٠,٨	−٨	+١٠,٠	+٤٢,٤	١٤
			٠	+٥٦,٦	١٧	+٥,٥	+٦٢,٦	−٩	+١٠,٦	+٤٣,٢	١٣
			+٠,٦	+٥٨,٤	١٨	+٦,١	+٦٤,٤	−١٠	+١١,٢	+٤٤,٠	١٢
			+١,١	+٦٠,٢	١٩	+٦,٧	+٦٦,٢	−١١	+١١,٧	+٤٤,٨	١١
			+١,٧	+٦٢,٠	٢٠	+٧,٢	+٦٨,٠	−١٢	+١٢,٢	+٤٥,٦	١٠
			+٢,٢	+٦٣,٨	٢١	+٧,٨	+٦٩,٨	−١٣	+١٢,٨	+٤٦,٤	٩
			+٢,٨	+٦٥,٦	٢٢	+٨,٣	+٧١,٦	−١٤	+١٣,٣	+٤٧,٢	٨
			+٣,٣	+٦٧,٤	٢٣	+٨,٩	+٧٣,٤	−١٥	+١٣,٩	+٤٨,٠	٧
			+٣,٩	+٦٩,٢	٢٤	+٩,٤	+٧٥,٢	−١٦	+١٤,٤	+٤٨,٨	٦
			+٤,٤	+٧١,٠	٢٥	+١٠,٠	+٧٧,٠	−١٧	+١٥,٠	+٤٩,٦	٥
			+٥,٠	+٧٢,٨	٢٦	+١٠,٦	+٧٨,٨	−١٨	+١١,١	+٥٠,٤	٤
			+٥,٥	+٧٤,٦	٢٧	+١١,١	+٨٠,٦	−١٩	+١١,٧	+٥١,٢	٣
			+٦,١	+٧٦,٤	٢٨	+١١,٧	+٨٢,٤	−٢٠	+١٢,٢	+٥٢,٠	٢
			+٦,٧	+٧٨,٢	٢٩	+١٢,٢	+٨٤,٢	−٢١	+١٢,٨	+٥٢,٨	١
			+٧,٢	+٨٠,٠	٣٠	+١٢,٨	+٨٦,٠	−٢٢	+١٣,٣	+٥٣,٦	٠
			+٧,٨	+٨١,٨	٣١	+١٣,٣	+٨٧,٨	−٢٣	+١٣,٩	+٥٤,٤	−١
			+٨,٣	+٨٣,٦	٣٢	+١٣,٩	+٨٩,٦	−٢٤	+١٤,٤	+٥٥,٢	−٢
			+٨,٩	+٨٥,٤	٣٣	+١٤,٤	+٩١,٤	−٢٥	+١٥,٠	+٥٦,٠	−٣
			+٩,٤	+٨٧,٢	٣٤	+١٥,٠	+٩٣,٢	−٢٦	+١٥,٦	+٥٦,٨	−٤
			+١٠,٠	+٨٩,٠	٣٥	+١٥,٦	+٩٥,٠	−٢٧	+١٦,١	+٥٧,٦	−٥
			+١٠,٦	+٩٠,٨	٣٦	+١٦,١	+٩٦,٨	−٢٨	+١٦,٧	+٥٨,٤	−٦
			+١١,١	+٩٢,٦	٣٧	+١٦,٧	+٩٨,٦	−٢٩	+١٧,٢	+٥٩,٢	−٧
			+١١,٧	+٩٤,٤	٣٨	+١٧,٢	+١٠٠,٤	−٣٠	+١٧,٨	+٦٠,٠	−٨
			+١٢,٢	+٩٦,٢	٣٩	+١٧,٨	+١٠٢,٢	−٣١	+١٨,٣	+٦٠,٨	−٩
			+١٢,٨	+٩٨,٠	٤٠	+١٨,٣	+١٠٤,٠	−٣٢	+١٨,٩	+٦١,٦	−١٠
			+١٣,٣	+٩٩,٨	٤١	+١٨,٩	+١٠٥,٨	−٣٣	+١٩,٤	+٦٢,٤	−١١
			+١٣,٩	+١٠١,٦	٤٢	+١٩,٤	+١٠٧,٦	−٣٤	+٢٠,٠	+٦٣,٢	−١٢
			+١٤,٤	+١٠٣,٤	٤٣	+٢٠,٠	+١٠٩,٤	−٣٥	+٢٠,٦	+٦٤,٠	−١٣
			+١٥,٠	+١٠٥,٢	٤٤	+٢٠,٦	+١١١,٢	−٣٦	+٢١,١	+٦٤,٨	−١٤
			+١٥,٦	+١٠٧,٠	٤٥	+٢١,١	+١١٣,٠	−٣٧	+٢١,٧	+٦٥,٦	−١٥
			+١٦,١	+١٠٨,٨	٤٦	+٢١,٧	+١١٤,٨	−٣٨	+٢٢,٢	+٦٦,٤	−١٦
			+١٦,٧	+١١٠,٦	٤٧	+٢٢,٢	+١١٦,٦	−٣٩	+٢٢,٨	+٦٧,٢	−١٧
			+١٧,٢	+١١٢,٤	٤٨	+٢٢,٨	+١١٨,٤	−٤٠	+٢٣,٣	+٦٨,٠	−١٨
			+١٧,٨	+١١٤,٢	٤٩	+٢٣,٣	+١٢٠,٢	−٤١	+٢٣,٩	+٦٨,٨	−١٩
			+١٨,٣	+١١٦,٠	٥٠	+٢٣,٩	+١٢٢,٠	−٤٢	+٢٤,٤	+٦٩,٦	−٢٠
			+١٨,٩	+١١٧,٨	٥١	+٢٤,٤	+١٢٣,٨	−٤٣	+٢٥,٠	+٧٠,٤	−٢١
			+١٩,٤	+١١٩,٦	٥٢	+٢٥,٠	+١٢٥,٦	−٤٤	+٢٥,٦	+٧١,٢	−٢٢
			+٢٠,٠	+١٢١,٤	٥٣	+٢٥,٦	+١٢٧,٤	−٤٥	+٢٦,١	+٧٢,٠	−٢٣
			+٢٠,٦	+١٢٣,٢	٥٤	+٢٦,١	+١٢٩,٢	−٤٦	+٢٦,٧	+٧٢,٨	−٢٤
			+٢١,١	+١٢٥,٠	٥٥	+٢٦,٧	+١٣١,٠	−٤٧	+٢٧,٢	+٧٣,٦	−٢٥
			+٢١,٧	+١٢٦,٨	٥٦	+٢٧,٢	+١٣٢,٨	−٤٨	+٢٧,٨	+٧٤,٤	−٢٦
			+٢٢,٢	+١٢٨,٦	٥٧	+٢٧,٨	+١٣٤,٦	−٤٩	+٢٨,٣	+٧٥,٢	−٢٧
			+٢٢,٨	+١٣٠,٤	٥٨	+٢٨,٣	+١٣٦,٤	−٥٠	+٢٨,٩	+٧٦,٠	−٢٨
			+٢٣,٣	+١٣٢,٢	٥٩	+٢٨,٩	+١٣٨,٢	−٥١	+٢٩,٤	+٧٦,٨	−٢٩
			+٢٣,٩	+١٣٤,٠	٦٠	+٢٩,٤	+١٤٠,٠	−٥٢	+٣٠,٠	+٧٧,٦	−٣٠
			+٢٤,٤	+١٣٥,٨	٦١	+٣٠,٠	+١٤١,٨	−٥٣	+٣٠,٦	+٧٨,٤	−٣١
			+٢٥,٠	+١٣٧,٦	٦٢	+٣٠,٦	+١٤٣,٦	−٥٤	+٣١,١	+٧٩,٢	−٣٢
			+٢٥,٦	+١٣٩,٤	٦٣	+٣١,١	+١٤٥,٤	−٥٥	+٣١,٧	+٨٠,٠	−٣٣
			+٢٦,١	+١٤١,٢	٦٤	+٣١,٧	+١٤٧,٢	−٥٦	+٣٢,٢	+٨٠,٨	−٣٤
			+٢٦,٧	+١٤٣,٠	٦٥	+٣٢,٢	+١٤٩,٠	−٥٧	+٣٢,٨	+٨١,٦	−٣٥
			+٢٧,٢	+١٤٤,٨	٦٦	+٣٢,٨	+١٥٠,٨	−٥٨	+٣٣,٣	+٨٢,٤	−٣٦
			+٢٧,٨	+١٤٦,٦	٦٧	+٣٣,٣	+١٥٢,٦	−٥٩	+٣٣,٩	+٨٣,٢	−٣٧
			+٢٨,٣	+١٤٨,٤	٦٨	+٣٣,٩	+١٥٤,٤	−٦٠	+٣٤,٤	+٨٤,٠	−٣٨
			+٢٨,٩	+١٥٠,٢	٦٩	+٣٤,٤	+١٥٦,٢	−٦١	+٣٥,٠	+٨٤,٨	−٣٩
			+٢٩,٤	+١٥٢,٠	٧٠	+٣٥,٠	+١٥٨,٠	−٦٢	+٣٥,٦	+٨٥,٦	−٤٠
			+٣٠,٠	+١٥٣,٨	٧١	+٣٥,٦	+١٥٩,٨	−٦٣	+٣٦,١	+٨٦,٤	−٤١
			+٣٠,٦	+١٥٥,٦	٧٢	+٣٦,١	+١٦١,٦	−٦٤	+٣٦,٧	+٨٧,٢	−٤٢
			+٣١,١	+١٥٧,٤	٧٣	+٣٦,٧	+١٦٣,٤	−٦٥	+٣٧,٢	+٨٨,٠	−٤٣
			+٣١,٧	+١٥٩,٢	٧٤	+٣٧,٢	+١٦٥,٢	−٦٦	+٣٧,٨	+٨٨,٨	−٤٤
			+٣٢,٢	+١٦١,٠	٧٥	+٣٧,٨	+١٦٧,٠	−٦٧	+٣٨,٣	+٨٩,٦	−٤٥
			+٣٢,٨	+١٦٢,٨	٧٦	+٣٨,٣	+١٦٨,٨	−٦٨	+٣٨,٩	+٩٠,٤	−٤٦
			+٣٣,٣	+١٦٤,٦	٧٧	+٣٨,٩	+١٧٠,٦	−٦٩	+٣٩,٤	+٩١,٢	−٤٧
			+٣٣,٩	+١٦٦,٤	٧٨	+٣٩,٤	+١٧٢,٤	−٧٠	+٤٠,٠	+٩٢,٠	−٤٨
			+٣٤,٤	+١٦٨,٢	٧٩	+٤٠,٠	+١٧٤,٢	−٧١	+٤٠,٦	+٩٢,٨	−٤٩
			+٣٥,٠	+١٧٠,٠	٨٠	+٤٠,٦	+١٧٦,٠	−٧٢	+٤١,١	+٩٣,٦	−٥٠
			+٣٥,٦	+١٧١,٨	٨١	+٤١,١	+١٧٧,٨	−٧٣	+٤١,٧	+٩٤,٤	−٥١
			+٣٦,١	+١٧٣,٦	٨٢	+٤١,٧	+١٧٩,٦	−٧٤	+٤٢,٢	+٩٥,٢	−٥٢
			+٣٦,٧	+١٧٥,٤	٨٣	+٤٢,٢	+١٨١,٤	−٧٥	+٤٢,٨	+٩٦,٠	−٥٣
			+٣٧,٢	+١٧٧,٢	٨٤	+٤٢,٨	+١٨٣,٢	−٧٦	+٤٣,٣	+٩٦,٨	−٥٤
			+٣٧,٨	+١٧٩,٠	٨٥	+٤٣,٣	+١٨٥,٠	−٧٧	+٤٣,٩	+٩٧,٦	−٥٥
			+٣٨,٣	+١٨٠,٨	٨٦	+٤٣,٩	+١٨٦,٨	−٧٨	+٤٤,٤	+٩٨,٤	−٥٦
			+٣٨,٩	+١٨٢,٦	٨٧	+٤٤,٤	+١٨٨,٦	−٧٩	+٤٥,٠	+٩٩,٢	−٥٧
			+٣٩,٤	+١٨٤,٤	٨٨	+٤٥,٠	+١٩٠,٤	−٨٠	+٤٥,٦	+١٠٠,٠	−٥٨
			+٤٠,٠	+١٨٦,٢	٨٩	+٤٥,٦	+١٩٢,٢	−٨١	+٤٦,١	+١٠٠,٨	−٥٩
			+٤٠,٦	+١٨٨,٠	٩٠	+٤٦,١	+١٩٤,٠	−٨٢	+٤٦,٧	+١٠١,٦	−٦٠
			+٤١,١	+١٨٩,٨	٩١	+٤٦,٧	+١٩٥,٨	−٨٣	+٤٧,٢	+١٠٢,٤	−٦١
			+٤١,٧	+١٩١,٦	٩٢	+٤٧,٢	+١٩٧,٦	−٨٤	+٤٧,٨	+١٠٣,٢	−٦٢
			+٤٢,٢	+١٩٣,٤	٩٣	+٤٧,٨	+١٩٩,٤	−٨٥	+٤٨,٣	+١٠٤,٠	−٦٣
			+٤٢,٨	+١٩٥,٢	٩٤	+٤٨,٣	+٢٠١,٢	−٨٦	+٤٨,٩	+١٠٤,٨	−٦٤
			+٤٣,٣	+١٩٧,٠	٩٥	+٤٨,٩	+٢٠٣,٠	−٨٧	+٤٩,٤	+١٠٥,٦	−٦٥
			+٤٣,٩	+١٩٨,٨	٩٦	+٤٩,٤	+٢٠٤,٨	−٨٨	+٥٠,٠	+١٠٦,٤	−٦٦
			+٤٤,٤	+٢٠٠,٦	٩٧	+٥٠,٠	+٢٠٦,٦	−٨٩	+٥٠,٦	+١٠٧,٢	−٦٧
			+٤٥,٠	+٢٠٢,٤	٩٨	+٥٠,٦	+٢٠٨,٤	−٩٠	+٥١,١	+١٠٨,٠	−٦٨
			+٤٥,٦	+٢٠٤,٢	٩٩	+٥١,١	+٢١٠,٢	−٩١	+٥١,٧	+١٠٨,٨	−٦٩
			+٤٦,١	+٢٠٦,٠	١٠٠	+٥١,٧	+٢١٢,٠	−٩٢	+٥٢,٢	+١٠٩,٦	−٧٠

(تابع) جدول تحويل درجات الحرارة من مئوية إلى فرنهيتية وبالعكس

°م	°م أو °ف	°ف
+ ٢٩,٤	+ ٨٥	+ ١٨٥,٠
+ ٣٠,٠	+ ٨٦	+ ١٨٦,٨
+ ٣٠,٦	+ ٨٧	+ ١٨٨,٦
+ ٣١,١	+ ٨٨	١٩٠,٤
+ ٣١,٧	+ ٨٩	+ ١٩٢,٢
+ ٣٢,٢	+ ٩٠	+ ١٩٤,٠
+ ٣٢,٨	+ ٩١	+ ١٩٥,٨
+ ٣٣,٣	+ ٩٢	+ ١٩٧,٦
+ ٣٣,٩	+ ٩٣	+ ١٩٩,٤
+ ٣٤,٤	+ ٩٤	+ ٢٠١,٢
+ ٣٥,٠	+ ٩٥	+ ٢٠٣,٠
+ ٣٥,٦	+ ٩٦	+ ٢٠٤,٨
+ ٣٦,١	+ ٩٠	+ ٢٠٦,٦
+ ٣٦,٧	+ ٩٨	+ ٢٠٨,٤
+ ٣٧,٢	+ ٩٩	+ ٢١٠,٢
+ ٣٧,٨	+ ١٠٠	+ ٢١٢,٠
+ ٣٨,٣	+ ١٠١	+ ٢١٣,٨
+ ٣٨.٩	+ ١٠٢	+ ٢١٥,٦
+ ٣٩,٤	+ ١٠٣	+ ٢١٧,٤
+ ٤٠,٠	+ ١٠٤	+ ٢١٩.٢