مركز التعليم المفتوح

صناعات غذائية

(تجميد وتخليل وتجفيف ومربات)

إعداد

دكتور
يحى عبد الرازق هيكل
أستاذ تكنولوجيا وهندسة تصنيع الأغذية
كلية الزراعة– جامعة عين شمس

دكتور
يسرى أحمد عبد الدايم
أستاذ علوم وتكنولوجيا الأغذية
كلية الزراعة– جامعة عين شمس

حقوق **النشر**

اسم الكتاب: صناعات غذائية (تجميد وتخليل وتجفيف ومربات)
أسماء المؤلفون: أ.د/ يحيى عبد الرازق هيكل **أ.د/ يسرى أحمد عبد الدايم**
رقم الإيداع: 22005 / 2007
الترقيم الدولي: 9- 314-237-977
الطبعة الأولى : 2007

حقوق الطبع والنشر محفوظة لمركز التعليم المفتوح بكلية الزراعة – جامعة عين شمس ،ولا يجوز نشر أي جزء من هذا الكتاب ، أو اختزان مادته بطريقة الاسترجاع أو نقله على أي وجه، أو بأي طريقة ، ، سواء أكانت إليكترونية ، أو ميكانيكية ، أو بالتصوير ، أو بالتسجيل ، أو بخلاف ذلك إلا بموافقة الناشر على هذا كتابة ومقدماً

مقدمة

انطلقت مصر نحو مشروعات التوسع الزراعى العملاقة التى تساهم فى اضافة 3.4 مليون فدان (حتى عام 2017) وفى اعادة رسم الخريطة السكانية بعد انشاء مجتمعات عمرانية فى المناطق الصحراوية المصرية ، تشكل مناطق جذب سكانى وتوفر فرص عمل جديدة .

وتبلغ متوسط قيمة الانتاج الزراعى فى مصر حاليا 82 مليار جنيه سنويا وتقدر الصادرات الزراعية للخارج بحوالى 20% من اجمالى الصادرات السلعية المصرية . وتمثل الصناعات الغذائية فى مصر 50% من اجمالى المنتجات المصنعة بقيمة اجمالية 32 مليون جنيه وتنمو سنوياً بمعدل 20%. وتضم الصناعات الغذائية فى مصر 4700 شركة مسجلة وتقوم بتوظيف حوالى 250000 من العمالة الماهرة. وتمثل الشركات الصغيرة ومتوسطة الحجم حوالى 87% من اجمالى شركات الصناعات الغذائية وتعتبر الصناعات الغذائية من الصناعات القوية حيث تتوفر لها الموارد الخام المطلوبة وذات التكلفة المنخفضة مقارنة بالشركات المنافسة على المستوى الاقليمى والعالمى. ويتركز نشاط الشركات الصغيرة ومتوسطة الحجم على انتاج المنتجات التى تلائم الاسواق الاقليمية والمحلية فى حين تقوم الشركات الكبرى الاستراتيجية فى انتاج العديد من السلع الاستهلاكية للاسواق المحلية والخارجية وقد وصلت عوائد التصدير من الشركات الرئيسية فى عام 2003 الى 625.8 مليون دولار. وتتمتع مصر بأداء متميز فى تصدير عصائر الفاكهة والخضروات بين المنافسين على المستوى الاقليمى والدولى. ومن ناحية اخرى فان صادرات الخضروات الطازجة والمبردة المجمدة ومنتجات الزراعة العضوية فى زيادة مضطردة نحو التصدير الى اسواق جديدة.

وتتكون الصناعات الغذائية فى مصر من قطاعات فرعية رئيسية هى :

- صناعات الحبوب ومنتجاتها.
- صناعة السكر ومنتجات الحلوى .
- صناعات الالبان ومنتجاتها .
- صناعات حفظ الخضر والفاكهة والعصائر .
- صناعات تعبأة المياه والمياه الغازية والمشروبات .
- صناعات اللحوم والدواجن والاسماك ومنتجاتها .

ويقدر الفقد في المواد الغذائية الطازجة الناتج من سوء التداول والتخزين بمقدار 25- 40% وذلك بسبب التلف الميكروبي والإنزيمي ومخلفات التجهيز المنزلي الغير مستغلة. ويؤدي ذلك إلى إهدار للطاقة وتحميل أعباء إضافية على البيئة .

ويمكن تخفيف هذه الأعباء بإتباع طرق الحفظ الحديثة وبالتالي تنظيم استهلاك المواد الغذائية وتداولها وتوفيرها على مدى فترات زمنية طويلة.
ويمكن تقسيم الصناعات الغذائية إلى قسمين :

1- صناعة حفظ الأغذية Food Preservation

وتشمل جميع عمليات التصنيع التي تهدف إلى إطالة مدة حفظ الأغذية بدون تلف أو فساد. وقد تحتفظ المادة الغذائية بعد عملية الحفظ بشكلها وقوامها الابتدائي عند استهلاكها كما في حالة الحفظ بالتبريد أو التعبئة في وسط غازي عادي أو معدل أو الحفظ بالتعليب أو قد تتعرض المادة الخام إلى معاملة أو أكثر تؤدي إلى تغير في شكلها وقوامها كما هو في حالة الحفظ بالتجفيف والتخليل وصناعة المربات .

2- تصنيع الأغذية Food Processing

وتشمل جميع عمليات التصنيع التي تهدف الى إحداث تغير في طبيعة تكوين وتركيب المادة الزراعية الخام لتصبح أكثر قابلية للاستهلاك أو أكثر استساغة كمادة غذائية أو الحصول على منتج نهائى آخر ومثال ذلك صناعة طحن الحبوب للحصول على الدقيق وإنتاج النشا من الذرة والبطاطس وصناعة استخراج الزيوت من الحبوب الزيتية وإنتاج السكر من المحاصيل السكرية وصناعة المياه الغازية والمشروبات وفي كلا القسمين يمكن تعريف" تكنولوجيا تصنيع الأغذية " بأنها مجموعة العلوم والفنون والمهارات اللازمة للوصول بالمادة الزراعية الخام إلى منتج نهائي. ويلزم إتقان هذه التكنولوجيا الإلمام بكل من علوم كيمياء وفيزياء الأغذية والميكروبيولوجيا والهندسة الغذائية والإقتصاد.
وتقسم خطوات (عمليات) التحضير والإعداد والتصنيع إلى قسمين رئيسيين هما:

وحدات العمل : Unit operation :

وتشمل العمليات التي قد تحدث تغيراً في الصفات الطبيعية للمادة الزراعية الخام دون المساس بتركيبها الكيماوي ومثال ذلك عمليات الوزن والنقل والتداول والتنظيف والغسيل والتجزئة والتقطيع والطحن والخلط والمعاملات الحرارية .

وحدات التصنيع Unit Processing :

وتشمل العمليات التي يصاحبها عادة تغيرات في الخواص الطبيعية والكيماوية للمادة الخام المعاملة مثل عمليات الاستخلاص والبلورة والتحليل المائي والتخمرات . ويمكن تلخيص طرق الحفظ المتبعة للأغذية فيما يلي :

– **طـرق حفـظ كيماويــة:** وهـي تقلـل بدرجـة كبيـرة مـن خطـر التلـوث والتسـمم الميكروبي بشرط أن لا تكون المواد الكيماوية المستخدمة غير مصرح باستخدامها قانوناً وليس لها أي تأثير سمي على الإنسان .

– **الحفـظ بالتبريـد :** وهـو يقلـل مـن التغيـرات الطبيعيـة والميكروبيـة والكيميائيـة والتفـاعلات الحيويـة وذلـك بخفـض درجـة حـرارة الغـذاء إلـى قـرب درجـة الصـفر المئوي.

– **التجميد :** وهو يمنـع التلف الميكروبـي ويبطـئ لدرجة كبيرة من تفاعلات الفساد الناتجة عن النشاط الإنزيمي واللا إنزيمي .

– **التجفيـف :** وهـو يمنـع التلـف الميكروبـي عـن طريـق نـزع الرطوبـة مـن المـادة الغذائية كما يقلل من تفاعلات الفساد الإنزيمية واللا إنزيمية .

– **البسـترة :** وهـي تـؤدي إلـى قتل البكتريـا المرضـية ويخفـض مـن أعـداد الأحيـاء الدقيقة المسببة للفساد .

– **التعقيم بالحرارة :** وهو يؤدي إلى قتل الأحياء الدقيقة ويثبط الإنزيمات.

– **المعاملـة بالإشـعاع :** وهـي تـؤدي إلـى منـع كل مـن التلـوث والحشـري والتزريـع والتفاعلات الحيوية وتقلل من خطر التلوث والتسمم الميكروبي ويفضل استخدام هذه المعاملة ليس بمفردها ولكن مع معاملات أخرى.

وتتوقـف طريقـة الحفـظ المسـتخدمة علـى نـوع المـادة الغذائيـة وعلـى مـدة الحفظ المطلوبة ، فعلى سبيل المثال لا يصلح كل من اللبن والبيض الطازج للحفظ بالتجميد كما أن طريقة الحفظ بالإشعاع لا تتلاءم مع المواد الغذائية ذات المحتوى الدهني المرتفع. كما أن هناك طرق حفظ يفضل تطبيقها للحصول على أعلى جودة للمنتج الغذائي مثل الحفظ بالتجميد للخضروات والحفظ بالتجفيف لمنتجات البطاطس (مسحوق بيوريه البطاطس) وحفظ الفاكهة عن طريق تصنيع المربات والكومبوت. كما أن قرار تفضيل أي طريقة من طرق الحفظ على الطرق الأخرى لابد أن يأخذ في الاعتبار كل من تكاليف الطاقة المستخدمة وتكاليف العبوات والخامات الداخلة في الإنتاج بالإضافة للتأثير الناتج من عملية الإنتاج على الوسط البيئي وطرق الاستفادة من المخلفات أو التخلص الآمن منها وهو يعكس أهمية التصنيع مقارنة بطرق الإعداد المنزلي التي ينتج عنها كم هائل من المخلفات يعتبر عبئاً على البيئة، كما أن التصنيع يخفف من أعباء
الإعداد المنزلي للوجبات.

و يعتبر تشكيك المستهلك في مدى الاستفادة الغذائية والقيمة التغذوية من المنتجات المصنعة (المحفوظة) عائقاً في انتشار هذه الصناعة ، ولكن عن طريق

التشريعات القانونية والرقابة الغذائية الحازمة وإتباع طرق التحليل الحديثة يمكن منع تواجد أي مكون ضار في الغذاء المنتج وبالتالي اكتساب ثقة المستهلكين في الغذاء المصنع والمحفوظ. كما أن إتباع طرق الحفظ والتصنيع الحديثة يمكن أن يؤدي إلى إنتاج غذاء مصنع يقارب في قيمته الغذائية من المادة الخام الطازجة.

و يهدف هذا الكتاب إلى القاء الضوء على الطرق الرئيسية المتبعة لحفظ الأغذية و تأثيرها على جودةالمادة الغذائية المصنعة والأجهزة المستخدمة بها
سائلين المولى عز و جل أن تكون المادة المعروضة نافعة لطلاب الصناعات الغذائية و المهندسون و المشتغلون بإدارة مصانع الأغذية.

و الله ولي التوفيق،،،

المؤلفان

يحى عبد الرازق هيكل
يسرى أحمد عبد الدايم

قائمة المحتويات

الباب الأول: التغيرات الكيماوية للغذاء أثناء التصنيع و التخزين **1**
التلف الناتج عن التفاعلات التحليلية 1
التغيرات الأوكسيدية للدهون و بعض المكونات الأخرى للغذاء 3
تفاعلات الإسمرار (التلون) اللاإنزيمية 6
بعض التغيرات الأخرى المؤثرة على جودة الغذاء 8

الباب الثانى: العوامل المؤثرة على سرعة تلف المواد الغذائية **10**
تأثير درجة الحرارة 10
تأثير المحتوى الرطوبى للغذاء و درجة النشاط المائى 11
تأثير الهواء الجوى و الأكسجين 15
تأثير الضوء على معدل تلف و فساد الأغذية 16

الباب الثالث: الفساد الميكروبى للأغذية و طرق التغلب عليه **19**
تقسيم الميكروبات المسببة لفساد الأغذية 19
الفساد الغذائى المتسبب عن الميكروبات 22
طرق التغلب على الفساد الميكروبى للأغذية 28

الباب الرابع: حفظ الأغذية باستخدام درجات الحرارة المنخفضة **40**
أولا: حفظ الأغذية بالتبريد **40**
مقدمة 40
الإشتراطات و المواصفات الفنية لآلات و منشآت التبريد 41
خطوات تبريد المواد الغذائية 59
ثانيا: حفظ الأغذية بالتجميد **69**
نظرية التجميد 69
منحنى التجميد 70
أهم الظواهر التى تحدث للمادة الغذائية عند تجميدها 72
خطوات تجميد المواد الغذائية 74
الخطوات العامة و الأجهزة المستخدمة لإعداد و تجهيز الخضرو الثمار للتجميد 76
التنظيف و الغسيل 76

الفرز و التدريج 78
التقشير 81
التقطيع و تصغير الحجم 85
السلق 92
أجهزة التجميد 98
أجهزة التجميد بالتلامس غير المباشر 99
جهاز التجميد ذو الألواح 100
أجهزة التجميد بالتلامس غير المباشر بواسطة الهواء المدفوع 101
أجهزة التجميد الفورى 104
بعض التغيرات التى تحدث أثناء تجميد و تخزين الأغذية المجمدة 105
صهر الأغذية المجمدة 107

الباب الخامس: حفظ الأغذية بالمعاملات الحرارية 119
الأسس العملية للمعاملات الحرارية 119
البسترة 123
الهدف من البسترة 123
أجهزة البسترة 124
التعقيم 128
المقاومة الحرارية للميكروبات الهامة لعملية التعقيم 129
العوامل التى تؤثر على المعاملة الحرارية 131
الطرق و الأجهزة المستخدمة لتعقيم الأغذية 133
التعقيم للأغذية المعبأة 134
التعقيم المستمر للأغذية السائلة غير المعبأة 142
فساد الأغذية المعلبة 146

الباب السادس: حفظ الأغذية بالتجفيف **151**
مزايا و عيوب التجفيف 151
بعض المصطلحات الهامة 152
المبادىء الأولية لتجفيف المواد الغذائية 153
ميكانيكية عملية التجفيف 155
مشكلة الطاقة فى عمليات التجفيف 158
خطوات إعداد و تجهيزالمواد الغذائية للتجفيف 159

عمليات التجهيز للتجفيف 160
معاملات ما قبل التجفيف 161
أجهزة و طرق التجفيف 162
طرق و أجهزة التجفيف الشمسى 163
طرق و أجهزة التجفيف الصناعى 164
تعبئة و تخزين الأغذية المجففة 179
التغيرات المصاحبة لعملية التجفييف 179

الباب السابع: مضافات الأغذية Food Additives 184
أهمية استخدام المواد المضافة للأغذية 184
تقسيم المواد المضافة للمنتجات الغذائية 188
أمثلة لبعض المواد المضافة للأغذية 188
أمثلة لبعض المواد الحافظة الكيماوية 192
الكمية المسموح بإضافتها من المواد المضافة الكيماوية 197

الباب الثامن: حفظ الأغذية بالتخليل Pickling 200
أنواع التخمرات 201
التخمر اللاكتيكى 202
المواد التى تدخل فى صناعة المخللات 205
خطوات عملية التخليل 208
أمثلة لتخليل بعض الخضر والفاكهة 210
الاشتراطات العامة التى يجب أن تتوفر فى المخللات 218
مواصفات المخللات 218
فساد المخللات 219

الباب التاسع: عصير وشراب الفاكهة 224
خطوات صناعة العصير 224
حفظ العصير 231
منتجات العصائر 234
شراب الفاكهة 239
الطرق الحسابية لتحضير أنواع الشراب والمحاليل 245
تقدير تركيز المحاليل 248

أمثلة عامة عن الشراب الطبيعى والصناعى 253

الباب العاشر: المربى ، الجيلي ، المرملاد 262
المواد الداخلة فى صناعة المربى والجيلي والمرملاد 262
خطوات عمل المربى 266
أمثلة عملية لصناعة المربى والجيلى والمرملاد 269
العيوب التى تحدث في المربى و الجيلى والمرملاد 277
أمثلة عامة 280

أسئلة عامة 285
المراجع 290

الباب الأول
التغيرات الكيماوية للغذاء أثناء التصنيع والتخزين

يمكن حصر أنواع التغيرات الكيمائية التي تؤدي إلى تدهور جودة الغذاء وفساده في التفاعلات التالية :

- تفاعلات كيمائية تحليلية
- تفاعلات مؤكسدة .
- تفاعلات انزيمية ولا انزيمية .

وقد تشترك الانزيمات في جميع التفاعلات السابقة لانها تساعد على اتمام التفاعل عن طريق خفض طاقة التنشيط اللازمة لحدوث التفاعل بين المواد الداخلة فيه وسنسرد فيما يلى امثلة لانواع التفاعلات السابقة .

1/1 التلف الناتج عن التفاعلات التحليلية :

تؤدى التفاعلات التحليلية إلى كسر الروابط الجليوكوسيدية والامينية وروابط الاستر في مكونات الأغذية العالية الرطوبة وتؤدى هذه التفاعلات إلى تكسير المكونات المعقدة مثل الكربوهيدرات والبروتينات والدهون إلى وحدات صغيرة من الدكسترينات والسكريات الثنائية والاحادية (للكربوهيدرات) والببتيدات والاحماض الامينية (للبروتينات) والاحماض الدهنية والجلسرين (للدهون).

1/1/1 التكسير التحليلي للمواد الكربوهيدراتية :

يتحول السكروز في الوسط الحامضى أو بفعل انزيم الانفرتيز إلى كل من الجلوكوز والفركتوز وبالتإلي يمكن ان تتفاعل هذه السكريات المختزلة مع مكونات الغذاء الأخرى أثناء التسخين والتخزين. ويساعد تلوث المواد الخام أو المنتجات الغنية بالسكر ببعض الفطريات على هذا التحلل بإنتاجها لإنزيم الانفريتز (كما في تلوث جذور بنجر السكر بالخمائر والفطريات مما يعمل على تحلل السكروز بفعل انزيم الانفرتيز). كما يتحلل النشا في الحبوب والعجائن بفعل إنزيمات الاميليز مما يساعد على نمو خميرة الخباز بينما تؤدى زيادة النشاط التحللى لانزيمات الاميليز إلى حدوث عيوب للعجائن والالتصاق للخبز الناتج .

كما يؤدى النشاط التحللى لانزيمات البكتينيز إلى ضعف قوام صلصة الطماطم والمربات والمركزات الغذائية ، ويمكن تفادى هذه العيوب بالمعاملة الحرارية المسبقة لتثبيط انزيمات البكتييز .

2/1/1 التكسير التحللى للدهون :

نظراً لاحتواء الدهن على احماض دهنية ذات روابط غير مشبعة فان من السهل تعرضها للاكسدة بواسطة الاكسجين الجوى .

ويؤدى تحلل الدهون (الليبيدات) إلى زيادة كمية الاحماض الدهنية الحرة وارتفاع درجة حموضة الغذاء وتغير طعمه (تزنخ Rancidity) ويساعد وجود كل من انزيم الليبيز وانزيم الفوسفولييز على تنشيط تحلل الدهون وخصوصا في الحبوب والبذور الزيتية والخضروات والفاكهة واللبن ، كما ان كثيرا من الميكروبات المتواجدة طبيعيا في المنتج الغذائي تفرز هذا الانزيم داخل الغذاء كما ان هذا التفاعل يمكن ان ينشط ذاتيا في عدم وجود الانزيمات. ويستمر نشاط انزيمات الليبيز في الاغذية المجمدة الغنية بالدهون (وخصوصا منتجات اللحوم والاسماك) رغم انخفاض درجة حرارة المنتجات . وتؤدى المعاملة الميكانيكية للبن (مثل الطرد المركزى والخض والنقل الجبرى) إلى تكسير الاغشية البروتينية الواقية لجزئيات الدهون وبالتإلي تجعلها اكثر عرضة لانزيم الليبيز ، لذلك يجب بسترة اللبن قبل التجنيس لتثبيط انزيمى الليبيز والفوسفاتيز ، كما يجب تثبيط انزيم الليبيز في منتجات الحبوب لتجنب تكون الطعم المر الناشئى عن نواتج تحلل الدهون وخصوصاً تكون حمض اللينوليك والاحماض الدهنية الاخرى الغير مشبعة والتي تتأكسد انزيمياً أو ذاتيا وتكون الطعم الغير مرغوب .

3/1/1 التكسير التحللي للبروتينات :

تعتبر التغيرات الإنزيمية التي تحدث للبروتينات أثناء التخزين والتصنيع من التغيرات الهامة للأغذية وقد تكون هذه التغيرات نافعة أو ضارة ومن التغيرات النافعة تكسير البروتينات بإنزيم البروتينيز في بعض المشروبات للحصول على مشروبات رائقة ومنع التعكير كما أن تكسير البروتينات إلى مكوناتها الأساسية من الأحماض الأمينية والبيتيدات يساعد على تكوين مواد الطعم والنكهة المميزة لكل من الشاي والكاكاو. ومن التفاعلات النافعة أيضاً تحلل البروتينات المعقدة في عضلات اللحوم بغرض تطريتها أو في الجبن لتسويته وتكوين مركبات الطعم المرغوبة .

أما التفاعلات الضارة فتشمل تحلل البروتينات في العجائن الغذائية والتي يجب منعها حتى لا تتأثر شبكة البروتين وقوام العجينة .

ويمكن وقف ومنع نشاط إنزيمات البروتينيز باستخدام مثبطات البروتينيز وهي عبارة عن مواد تتواجد بصورة طبيعية في بعض البقوليات وتكون عند إضافتها للغذاء مركباً معقداً مع إنزيم البروتينيز تمنع نشاطه ولكن يجب التخلص منها وتثبيطها بمعاملة حرارية قبل استهلاك الغذاء حتى لا تؤثر سلباً على عملية هضم الغذاء في الإنسان. وجدير بالذكر أن بعض ميكروبات الفساد لها القدرة على إفراز إنزيم البروتينيز وبالقضاء عليها يمكن تفادي إفراز هذا الإنزيم في الغذاء.

2/1 التغيرات الأوكسيدية للدهون وبعض المكونات الأخرى للغذاء:

1/2/1 التغيرات الأوكسيدية للدهون :

نظراً لاحتواء الدهون على أحماض دهنية غير مشبعة(أي تحتوي على روابط ثنائية وثلاثية) فإنه من السهل تعرضها للأكسدة بواسطة الأكسجين الجوي. ولا دخل للإنزيمات في هذا النوع من التفاعل للدهون لذلك يسمى باسم " الأكسدة الذاتية Auto-oxidation " . وقد اقترحت نظريات متعددة لكيفية تفاعل الأكسجين مع الدهون وتعتبر نظرية تكوين الهيدروبيروكسيدات هي الأكثر قبولاً في هذا المجال وهو التفاعل الرئيسي في تفاعلات هذا التزنخ يتبعه عدد كبير من التفاعلات الثانوية التي تأخذ مجراها أثناء تلف الغذاء الدهني والتي تؤدي في النهاية إلى تزنخ الغذاء وتغير رائحته ونكهته .

ويمر تفاعل الأكسدة بثلاث مراحل هي : مرحلة بدء التفاعل ومرحلة انتشار التفاعل ومرحلة انتهاء التفاعل .

- مرحلة بدء التفاعل : Initiation

تعتمد الطريقة التي يبدأ بها التفاعل على نوع العامل المساعد الموجود في الدهن، فالدهون المعرضة للطاقة الضوئية أو الأشعة الذرية تتجمع فيها طاقة تكفي لإنفصال بروتون $^{*}(H)$ من السلسلة الهيدروكربونية للحمض الدهني الغير مشبع مسببة تكون أصول حرة Free radicals كما يلي :

$$RH \text{ (مادة عضوية)} \xrightarrow{\text{طاقة تنشيط}} R^{*} + (H)$$

حيث تدل النقطة على سلسلة الكربون (R) أنها فعالة (أصول حرة) .

- مرحلة انتشار التفاعل : Propagation

تحدث في هذه المرحلة تفاعلات كثيرة ومتسلسلة ، فالأصول الحرة المتكونة سابقاً يمكن أن تتحد مع الأكسجين مكونة بيروكسيدات، وهذه تتحد بدورها مع الهيدروجين لتكون هيدروبيركسيدات كما يلي :

$$R^{*} + O_2 \longrightarrow RO_2 \text{ (Peroxide)}$$

$$RO_2 + RH \longrightarrow R^{*} + ROOH$$

ويمكن للـ R^{*} الأخيرة (شق حر) والتي مصدرها RH (مادة عضوية) أن تتحد مع جزيء آخر من الأوكسجين وهكذا... ويمكن للبيروكسيدات والهيدروبيروكسيدات أن تتجزأ مكونة مركبات وسطية عديدة مثل الكيتونات والألدهيدات وكحولات وغيرها.

وهناك فترة من الوقت تمر بعد بدء التفاعل وقبل أن تصبح الكميات المتفاعلة من الأكسجين عالية لكي تتجمع كميات محسوسة من مواد الرائحة غير المرغوبة وتسمى هذه الفترة بمدة التحضين Induction Period

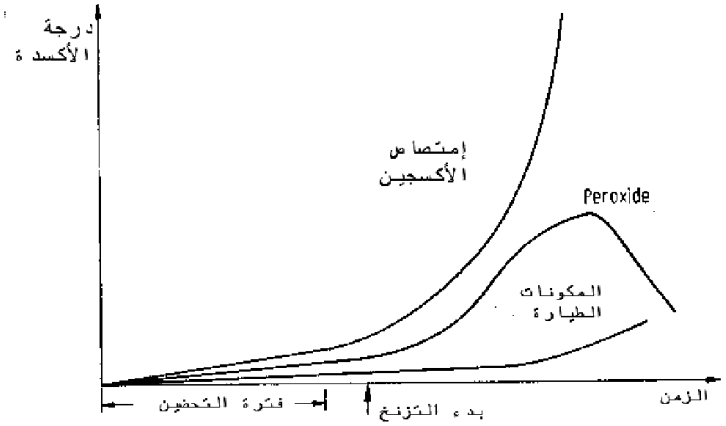
- مرحلة انتهاء التفاعل : Termination

لا يقصد بانتهاء التفاعل توقف سلسلة التفاعل وإنما بعض الجزئيات تكون نواتج غير نشطة ولا تعمل على تنشيط غيرها ولا تساهم في بدء التفاعل. ويمكن أن يحدث هذا في الحالات التالية :

- تفاعل أصل حر R^* مع أصل R^* آخر .
- تفاعل أصل حر R^* مع مركب مثبط لتكوين الأصول الحرة كالمواد المضادة للأكسدة (RO_2) ويكون الناتج النهائي غير النشط هو " الهيدروبيروكسيدات" والتي تصبح أصول ثابتة (ليست حرة) فلا تستطيع الاستمرار في التفاعل كما يلي :

$$\left.\begin{array}{l} 2R^* \\ R^* + RO_2^* \\ 2\,RO_2^* \end{array}\right\} \quad \text{ناتج نهائي غير نشط}$$

ويوضح شكل رقم (1-1) سرعة تفاعل وتكون نواتج الأكسدة الذاتية للأحماض الدهنية غير المشبعة حيث يوضح أن سرعة امتصاص الأكسجين (O_2) أكبر من سرعة تكوين البيروكسيدات وسرعة تكون النواتج النهائية الطيارة ذات الرائحة المسببة للتزنخ.



شكل رقم (1-1): سرعة تفاعل و تكون نواتج الأكسدة الذاتية للأحماض الدهنية غير المشبعة

العوامل التي تؤثر في سرعة أكسدة الدهون :

تؤثر عوامل عديدة في سرعة أكسدة الدهون سواء بالسلب أو الإيجاب وأهمها

1- درجة الحرارة . 2- الضوء . 3- الأشعة المتأينة.

4- البيروكسيدات ووجود دهن متأكسد . 5- مركبات الهيماتين.

6- المعادن الثقيلة كالنحاس والحديد والكوبلت.

7- وجود أنزيم الليبوأوكسجينيز. 8- درجة عدم تشبع الدهن .

9- وجود مواد مضادة (مانعة) للأكسدة .

2/2/1 تفاعلات الأكسدة الأخرى في الغذاء :

يتعرض الغذاء للتغيرات بفعل بعض الإنزيمات المؤكسدة الموجودة بداخله وأهم هذه الإنزيمات هي : إنزيم الليبوأوكسجينيز Lipoxygenase وأنزيم البولي فينول اوكسيديز Polyphenol oxidase وإنزيم البيروكسيديز Peroxidase وإنزيم الكتاليز Catalase وإنزيم الإسكوربيز Ascorbase. وهذه الإنزيمات تقوم بفعل العامل المساعد في تأكسد الكثير من المواد الطبيعية في الخأمات الزراعية المراد تصنيعها وذلك بواسطة استخدام أكسجين الهواء الجوي أو الأكسجين الداخلي لأكسدة هذه المواد الطبيعية . وهذه المجموعة من الإنزيمات واسعة الانتشار في الطبيعة وتؤدي إلى كثير من المشاكل في التصنيع الغذائي. وسنستعرض فيما يلي شرحاً مختصراً لدور هذه الإنزيمات.

- **إنزيم الليبوأوكسجينز** : يساعد هذا الإنزيم على الأكسدة الإنزيمية للأحماض الدهنية الغير مشبعة وأهمها أحماض اللينوليك واللينولينك والأركيدنيك سواء كانت هذه الأحماض حرة أو مرتبطة برابطة إسترية في الدهون. ويتواجد هذا الإنزيم (أو صورة محورة منه) أيضاً في الحبوب وتؤدي لظهور طعم مر كما أن لهذا الإنزيم دور في أكسدة الكاروتينات والليكوبين (وهي صبغات هامة في الأغذية) والتي تؤثر بالتالي على الخواص الحسية .
- **إنزيمات البولي فينول أوكسيديز والكتاليز** : هذه الإنزيمات تتواجد في الخضر والفواكه والمنتجات النباتية الأخرى وكذلك في عيش الغراب Mushroom وهي تعمل على أكسدة كثير من المواد الفينولية في الغذاء وتؤدي إلى حدوث تغير في اللون Enzymatic discoloration أثناء التصنيع مثل التغير في لون التفاح والكمثرى والموز والخوخ والبطاطس والباذنجان ... إلخ نتيجة لأكسدة الكثير من المركبات الفينولية الموجودة في هذه الخأمات . وتمر عملية الأكسدة بمراحل عديدة للوصول إلى الناتج النهائي المسئول عن التغير في لون وطعم المنتج.
- **إنزيم البيروكسيديز** : يتواجد هذا الإنزيم في معظم الخضروات وبعض الفواكه وفي اللبن. ويساعد هذا الإنزيم على نقل الأكسجين (وخصوصاً من المركبات الوسطية المعروفة بأسم الهيدروبيروكسيداتHydro Peroxides المتكونة أثناء نشاط إنزيم الليبوأوكسجينيز) واستخدامها في أكسدة مواد فينولية عديدة متواجدة بالغذاء مثل الكاتكين والثيروزين كما ينقله إلى حمض الأسكوربيك وتؤدي في النهاية إلى تكوين نواتج ذات روائح غير مقبولة تقلل من القيمة

الغذائيـة والحسية للغذاء . ويـؤدي تواجـد حمـض الأسـكوربيك فـي الغـذاء إلـى تقليل التأثير الضار لهذه الإنزيمات باستقباله للأوكسجين المنقول بواسطة هذه الإنزيمات وإعاقته عن أكسدة المواد الفينولية الأخرى، وبعد استهلاك حمض الأسكوربيك يبدأ التأثير الضار للإنزيمات المؤكسدة .

وتؤدي عمليات تجهيز وإعداد المادة الغذائية للتصنيع مثل عمليات التقطيع والهرس والكبس إلى زيادة فاعلية نشاط الإنزيمات المؤكسدة نتيجة لتلف جدر الخلايا النباتية للمادة الغذائية وانطلاق الإنزيمات وسهولة تفاعلها مع المواد الفينولية .

وكثيراً ما يلجأ إلى استخدام الحرارة للقضاء على هذا الإنزيمات باستخدام السلق مثلاً وإيقاف تأثيرها الضار أثناء عمليات تصنيع الأغذية ويعتبر الكشف عن نشاط إنزيم البيروكسيديز إختبار كاشف هام لنجاح المعاملة الحرارية لأنه أكثر الإنزيمات مقاومة للحرارة. ويلزم لنجاح عملية السلق أن ينخفض نشاط إنزيم البيروكسيديز بمقدار 90% على الأقل .

3/1 تفاعلات الاسمرار (التلون) اللإنزيمية Non-enzymatic Browning

تفاعلات الاسمرار اللاإنزيمية هي تفاعلات كيماوية بحتة تحدث للغذاء ولا دخل فيها للأنزيمات وهي ثلاث أنواع :

- تفاعلات ميلارد Maillard Reaction
- تأكسد حمض الاسكوربيك Ascorbic acid oxidation
- الكرملة Caramelization

1/3/1 تفاعلات ميلارد : تفاعلات ميلارد عبارة عن تكثف لنواتج تفاعل تحدث بين مجموعة أمين (NH_2) لحامض أميني (أو بروتين) ومجموعة كاربونيل (الدهيد) من سكر مختزل وينتج عن هذا التفاعل مركبات سمراء تسمى الميلانودات Melanoids بعد مروره بخمس خطوات تفاعل كما يلي :

(سكر مختزل + حمض أميني) $Aldose\ sugar + NH_2\text{-}R$

$\uparrow\downarrow$

$N - Glycosid$

(تكوين مركب وسطي جليكوسيد أميني)

والسكريات الأحادية الخماسية الالدوزية أكثر فاعلية في التفاعل عن السداسية

↑↓

إعادة ترتيب الجليكوسيدات الأمنية إلى أمينات كيتونية Ketose amine

↑↓

تكوين امينات ثنائية الكيتون Diketos amine

↑↓

تحطم المركبات ثنائية الأمين الكيتونية إلى مركبات وسطية أمينية وغير أمينية

ومنها مركب هيدروكسي ميثيل فورفورال Furfural (Hydroxymethyl HMF)

↑↓

(تكدس الأمينات مع المركبات الوسطية لتكون صبغة الميلانودين السمراء)

ويعتبر الكشف المعملي عن وجود مركب الفورفورال في الغذاء دلالة على مدى حدوث تفاعل ميلارد وعلى مدى شدة المعاملة الحرارية التي تعرض لها.

وقد يكون طعم الميلانويدات المتكونة مرغوب لدى المستهلك كما هو الحال في عمليات الخبيز والتحميص ولكنها تؤدي إلى فقد في جودة المنتجات المحفوظة بالتجفيف. وبعكس الكرملة فإن تفاعل ميلارد يمكن أن يحدث عند درجات حرارة عادية أثناء تخزين المنتجات المجففة وخصوصاً عندما تكون الخطوات الأولى لهذا التفاعل قد تمت أثناء عملية التجفيف فإن الخطوات المتبقية تستكمل أثناء التخزين للوصول إلى الناتج النهائي (الميلانويدات).

يؤدي تفاعل ميلارد إلى فقد في القيمة الغذائية والحيوية للمنتج وخصوصاً إذا كانت الأحماض الأمينية الداخلة في التفاعل هي من الأحماض الأمينية الأساسية مثل الليسين .

ويمكن التغلب على حدوث تفاعل ميلارد في الغذاء عن طريق إحلال الهواء في العبوات بغاز خامل ويخفض درجة الpH وخفض درجة حرارة تخزين المنتجات الغذائية وخفض المحتوى الرطوبي لها. كما يمكن إزالة السكريات المختزلة من الغذاء باستخدام أنزيم جلوكوز أو كسيديز (كما يحدث في البيض قبل تجفيفه إلى مسحوق بيض) أو بالإسراع من عملية تنفس الثمار الطازجة بهدف استهلاك السكر الأحادي (كما يحدث في تخزين درنات البطاطس على 20°م لعدة ساعات قبل تصنيعها) أو بإجراء عملية الغسيل والسلق لطرد السكريات الأحادية من الثمار ، كما يمكن تثبيط تفاعل ميلارد بإضافة كميات صغيرة من حمض السلفيت (أملاح صوديوم باي سلفيت) أو حمض الكبريتوز لماء الغسيل

والسلق حيث تتحول المركبات الوسطية لتفاعل ميلارد إلى حمض سلفونيك يمنع استمرار تفاعل ميلارد إلى النهاية. وتخضع الكمية المضافة من هذه المواد للمواصفات القياسية المحلية والدولية .

2/3/1 تأكسد حمض الاسكوربيك :

حمض الاسكوربيك (فيتامين C) هو أحد الفيتامينات الهامة في الغذاء وله وظائف كثيرة في زيادة مناعة جسم الإنسان ومقاومته للأمراض. ويحدث فقد في حمض الاسكوربيك في الغذاء لسببين :

- مقاومته فعل الأنزيمات المؤكسدة واستقباله للأكسجين وتحوله إلى مركب Dehydro ascorbic acid وبالتالي يفقد فاعليته كمركب فيتاميني.
- أكسدته بالفعل المباشر لأنزيم Ascorbase المتخصص في هدم حمض الاسكوربيك (فيتامين C)

3/3/1 الكرملة :

الكرملة تعني احتراق السكريات الموجودة بالغذاء وتحوله للون البني والأسود عند درجات حرارة عالية ويحدث ذلك على عدة خطوات أهمها : تحول السكر إلى الصورة المشابهة له ضوئياً (Isomerisation) ثم نزع جزئ رطوبة (H_2O) من السكر المشابه (Dehydratisation) ثم يحدث تفاعل هدم للسكريات المهدرتة تؤدي لظهور اللون البني والأسود وتكون مواد طعم مختلفة. وقد تكون الكرملة مطلوبة وذلك عند إنتاج الخبز المحمص وبعض منتجات المخابز أو غير مرغوبة إذا كان وجودها يؤدي إلى تقليل استساغة المنتج إذا نتج عنه طعم محروق.

4/1 بعض التغيرات الأخرى المؤثرة على جودة الغذاء:

يحدث تغير في بروتينات الغذاء نتيجة لتفاعل ميلارد مما يؤثر على القيمة الغذائية للبروتين ويحدث فقد في الأحماض الأمينية مثل الليسين والاسباراجين والجلوتامين والسيستين والمثيونين والثربونين والايزوليوسين. ويؤدي تحطم حمض السيستين إلى تحوله إلى حمض اكريلات الآمين. (Amino acryl acid) الضارة غذائياً. ومن الجدير بالذكر أن كلا من الحرارة والتجفيف والتجميد وتغيرات رقم الpH وإضافة الأملاح تؤدي إلى تغير التركيب الفراغي لجزيء البروتين ويتخثر (دنترة)، مما يؤدي إلى فقد البروتين لوظائفه الطبيعية في الغذاء وأهمها فقد القدرة على مسك الماء و الذي يتسبب في فقد الغذاء للقوام المناسب له . كما تؤدي التفاعلات الغذائية وعمليات التصنيع مثل السلق،الطهي، التعقيم، إلى فقد في المعادن وفي المحتوى الفيتاميني الهام للغذاء وخصوصاً الفيتامينات الذائبة في

الماء مثل فيتامين B_1, B_2, B_6, B_{12} والبيوتين وحمض الفوليك وفيتامين C وكذلك الفيتامينات الذائبة في الدهون مثل فيتامينات A, D, E, K لذلك فإنه لابد أن يكون القائمين بتصنيع الغذاء على دراية كافية لاختيار طريقة التصنيع المناسبة التي تقلل من فقد المعادن والفيتامينات بقدر الإمكان .

تذكر

1. تشمل عوامل الفساد للغذاء كل من التغيرات الكيمائية و الفساد الميكروبى سواء أثناء التصنيع أو أثناء التخذين والتداول.
2. تشمل التغيرات الكيماوية للغذاء كل من:

أ- التلف الناتج من التفاعلات التحليلية لكل من المواد الكربوهيدرائية و الدهون و التكسرالتحللى للبروتينات.

ب-التلف الناتج عن التغيرات الأكسيدية للدهون مثل تكون البيروكسيدات و الشقوق الحرة نتيجة لتفاعل الأكسجين (الهواء) مع الأحماض الدهنية للدهون و يسمى بتفاعل "الأكسدة الذاتية".و يمر تفاعل الأكسدة الذاتية بثلاث مراحل هى: مرحلة بدء التفاعل و مرحلة انتشار التفاعل و مرحلة انتهاء التفاعل.

ج- التلف الناتج عن نشاط الإنزيمات المؤكسدة الموجودة بالغذاء مثل إنزيم الليبوأكسجينيز و إنزيم البيروكسيديز و إنزيم البولى فينول أوكسيديز و إنزيم الكتاليز وإنزيم الأسكوربيز.

د- تفاعلات الإسمرار (التلون) اللا إنزيمية و تشمل كل من تفاعلات ميلارد و تفاعل أكسدة حمض الأسكوربيك و تفاعل الكرملة، و يعتبر تفاعل ميلارد أهمهما و هو عبارة عن تكدس لنواتج تفاعل تحدث بين مجموعة أمين لحامض أمينى (أو بروتين) و مجموعة كاربونيل (ألدهيد) من سكر مختزل ينتج عنها مركبات سمراء تسمى الميلانودات بعد مروره بخمس خطوات تفاعل.

هـ-حدوث فقد في الأحماض الأمينية مثل الليسين و الأسباراجين والسيتين والمثيونين و الأيزوليوسين نتيجة تفاعل ميلارد، كما أن العمليات الحرارية و التجفيف تحدث دنترة للبروتين و فقده القدرة على مسك الماء، كما تؤدى عمليات السلق والطهى و التعقيم لفقد في المحتوى الفيتامينى الهام للغذاء.

الباب الثاني

العوامل المؤثرة على سرعة تلف المواد الغذائية

1/2 تأثير درجة الحرارة

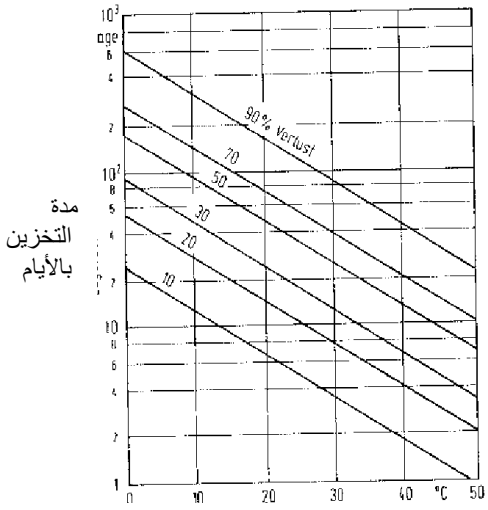
1- تساعد درجة الحرارة العالية نسبياً على سرعة التفاعلات الكيماوية والانزيمية بتزويدها بما يسمى بطاقة (Activation energy) اللازمة لإتمام هذه التفاعلات بسهولة وفي وقت قصير .

ويمكن حساب تأثير درجة الحرارة على سرعة تفاعلات تلف الغذاء عن طريق حساب معامل (Q_{10}) وهو يعبر عن عدد المرات التي يتضاعف بها أو تتناقص بها سرعة التفاعل إذا ارتفعت أو انخفضت درجة حرارة الغذاء بمقدار 10 درجات مئوية كما يلي :

$$Q_{10} = \frac{K(T+10)}{K(T)}$$

حيث أن K = سرعة التفاعل ، T = درجة الحرارة

ويمكن بالاستعانة بقيم (Q_{10}) للتفاعلات المختلفة التي تحدث بالغذاء تقدير مدة الصلاحية المتوقعة " Shelf Life " له عند تخزينه على درجات حرارة مختلفة كما هو موضح بالشكل . رقم (2-1) الذي يوضح مدة صلاحية عصير الفراولة المبستر بناء على معدل التلف في لون العصير أثناء التخزين.



شكل رقم (2-1): العلاقة بين درجة حرارة التخزين ومدة صلاحية عصير الفراولة المبستر بناءاً على تفاعل التغير في لون (صبغات) العصير

فإذا اعتبرنا على سبيل المثال أن مدة الصلاحية " Shelf Life " تنتهي عندما يفقد العصير 70% من لونه الأصلي فإن هذه المدة تنتهي بعد 46 يوم أو 150 يوم إذا خزن العصير على درجة حرارة 20°م أو 10°م.

2- تؤدي الدرجات المنخفضة جداً إلى تجميد كمية كبيرة من الماء الحر المتواجد داخل الغذاء وبالتالي يصبح السائل المتبقي الغير متجمد أكثر تركيزاً مما يساعد على نشاط التفاعلات الكيماوية والإنزيمية لحد ما (وخصوصاً تفاعلات أكسدة فيتامين C) أثناء تجميد وتخزين الأغذية المجمدة.

3- يتطلب تثبيط النشاط الإنزيمي في الغذاء ووقف التفاعلات الكيماوية الضارة رفع درجات الحرارة بسرعة لدنترة الإنزيمات وبالتالي المحافظة على الغذاء من التلف الإنزيمي أثناء تخزينه وتداوله ويلزم لتثبيط الإنزيمات طاقة حرارية تتراوح بين 16.6 إلى 62.6 كيلو جول/ لكل مول (جزيء) من الإنزيم كما يلزم لتثبيط تفاعلات الأكسدة (أكسدة الدهون) وهدم الصبغات وهدم فيتامينC طاقة حرارية أكبر تتراوح بين 41.7 إلى 210 كيلو جول / لكل جزيء من المواد الداخلة في التفاعل.

2/2 : تأثير المحتوى الرطوبي للغذاء ودرجة النشاط المائي :

بالإضافة إلى تأثير درجة الحرارة فإن سرعة نشاط تفاعلات تلف الغذاء تتوقف على المحتوى الرطوبي له وبالأخص على المحتوى الرطوبي الإتزاني للمادة الغذائية والذي تصل له عند تخزينها في جو (وسط) ذو رطوبة نسبية معينة للهواء المحيط بها.

ويطلق على المحتوى الرطوبي الإتزاني للمادة الغذائية مصطلح " درجة النشاط المائي " – Water activity (a_w) – ويمكن التعبير عنها بالمعادلة التالية:

$$aw = \frac{p}{po}$$

حيث أن :

P= الضغط البخاري للمادة الغذائية عند درجة حرارة معينة.

P_5= الضغط البخاري لسطح مائي مكشوف عند نفس درجة الحرارة.

ويمكن تفسير هذا المصطلح كما يلي :

نظراً لاحتواء المادة الغذائية (حتى المجففة منها) على نسبة معينة من المحتوى الرطوبي فإن الطبقة السطحية لها تكون محتوية على بعض جزيئات حرة من الماء تنطلق من سطحها على صورة بخار ماء (غاز) وتنتشر في طبقة الهواء المحيطة مباشرة بهذا السطح. ويطلق على كمية بخار الماء هذا مصطلح (الضغط البخاري للمادة الغذائية"P"). وعادة تكون كمية البخار المنطلقة من سطح أي مادة غذائية أقل من كمية بخار الماء التي يمكن أن تنطلق من سطح مائي نقي عند ذات درجة الحرارة (P_5) . ويكون ناتج قسمة(P/P_5) هو درجة النشاط

المائي (a_w) وتقع قيمته عادة بين 0.1 – 0.98 فالمواد الغذائية الطازجة مثل الخضر والفواكه تكون قيمة (a_w) لها عالية (0.8 – 0.98) أما المواد المجففة فتكون قيمة (a_w) لها منخفضة (0.1 – 0.4). وعند وضع المادة الغذائية الطازجة في الجو العادي أو في مخازن التبريد فإن كتلة الهواء في جو المخزن تكون ذات رطوبة نسبية عالية حوالي 80% وبالتالي تكون درجة النشاط المائي للهواء (80/100=0.8) و هي أقل من درجة النشاط المائي للغذاء (0.95) فيفقد الغذاء رطوبة على هيئة بخار ماء تنتقل من سطحه إلى طبقة الهواء المحيطة به مباشرة ثم إلى باقي كتلة الهواء ويقل بالتالي وزن المادة الغذائية بعد فترة من التخزين. وبالعكس فإن المواد المجففة تكون درجة النشاط المائي لها منخفضة (0.4) عند درجة النشاط المائي للهواء في جو المخزن (0.6 – 0.7) وبالتالي ينتقل بخار الماء في الاتجاه العكسي أي من كتلة الهواء بالمخزن إلى طبقة الهواء المحيطة مباشرة بالمادة الغذائية ثم يتكثف بخار الماء بالتالي على سطح المادة الغذائية المجففة ويرفع من محتواها الرطوبي.

وبعد فترة معينة من التخزين يصل الغذاء إلى محتوى رطوبي متزن مع قيمة الرطوبة النسبية (درجة النشاط المائي) لهواء المخزن .

وتتوقف قيمة المحتوى الرطوبي الإتزاني النهائي للمادة الغذائية على كل من :

- المحتوى الرطوبي الابتدائي للمادة الغذائية .
- تركيب المادة الغذائية ومدى احتوائها على مواد شديدة الامتصاص للرطوبة (بخار الماء) من جو المخزن مثل السكريات الأحادية والثنائية.
- قيمة الرطوبة النسبية (درجة النشاط المائي) لهواء جو المخزن .
- درجة الحرارة .

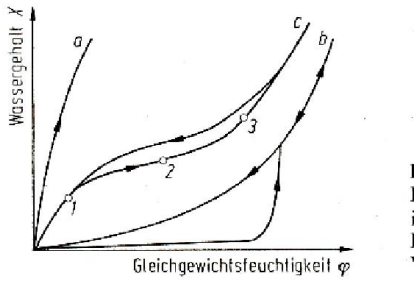
وبناء عليه يمكن تقسيم المواد الغذائية من حيث تأثرها بدرجة النشاط المائي لجو التخزين إلى 3 أقسام :

1- مواد هيجروسكوبية تمتص كميات كبيرة من بخار الماء من الهواء الموجود بالمخزن وبالتالي يرتفع محتواها الرطوبي الاتزاني إلى قيم حرجة عالية ومثال ذلك الألبان المجففة المحتوية على سكر اللاكتوز ومسحوق ثمار الفاكهة المجففة.

2- مواد متوسطة الهيجروسكوبية وهي تمتص كميات منخفضة من بخار الماء (أقل من المواد الهيجروسكوبية) .

3- مواد غير هيجروسكوبية وهي تحتفظ بمحتواها الرطوبي الابتدائي دون تغيرإلى حد ما بتغير الرطوبة النسبية لجو المخزن مثل الحبوب المحتوية على نسبة عالية من النشا.

ويطلق على العلاقة التي تربط بين التغير في المحتوى الرطوبي الإتزاني للمادة الغذائية والتغير في قيم الرطوبة النسبية (درجة النشاط المائي) لهواء جو المخزن اصطلاح " منحنى الامتزاز " (Sorption isotherm) كما هو موضح بالشكل رقم (2-2) .



شكل رقم 2-2: نموذج " لمنحنى الامتزازالرطوبي للمواد الغذائية "

a = مادة شديدة الهيجروسكوبية . b = مادة متوسطة الهيجروسكوبية.

c = مادة لا هيجروسكوبية .

وتؤثر قيمة درجة النشاط المائي للغذاء في نوع وشدة تفاعل التلف . ويمكن توضيح ذلك بالمنحنيات الموضحة بالشكل رقم (2-3) كما يلي :

أ – يتوقف نشاط البكتريا عندما تصل درجة النشاط المائي للغذاء إلى 0.8 أو أقل ، بينما يتوقف نشاط الخميرة عند درجة نشاط مائي 0.75 والفطريات عند 0.7 وبالتالي لا توجد خطورة من التلف الميكروبي للغذاء ذو درجة نشاط مائي أقل من 0.7 (مجفف جزئياً) .

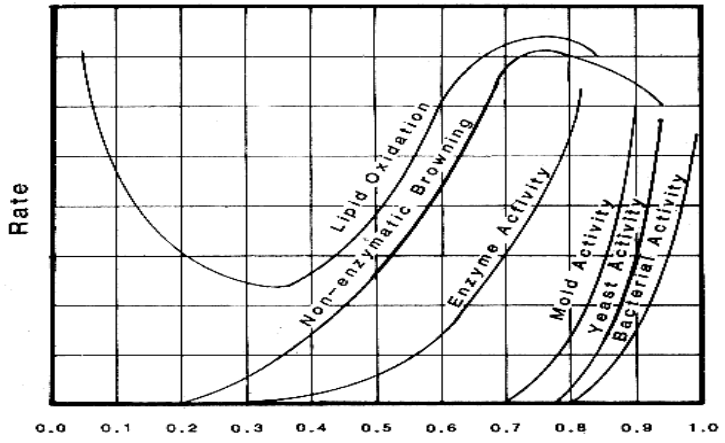
ب – يستمر النشاط الإنزيمي داخل الغذاء إلى أن يجف تمأما وتصل درجة النشاط المائي له إلى 0.3 أو أقل (غذاء مجفف) .

جـ- تصل أقصى درجة نشاط لتفاعلات الاسمرار اللا إنزيمية (تفاعل ميلارد) عندما تكون درجة النشاط المائي له عند 0.7 وتقل إذا انخفضت أو زادت درجة النشاط المائي عن 0.7 ، ويفسر ذلك بأنه عند درجة نشاط مائي أقل من 0.7 يكون المحتوى الرطوبي للغذاء منخفضاً ولزوجة مكوناته عالية بحيث لا تسمح لمكونات تفاعل الاسمرار (السكريات الأحادية والأحماض الأمينية) بالاقتراب

والبدء في التفاعل ، بينما عند درجة نشاط مائي أكبر من 0.7 يكون المحتوى الرطوبي عالياً نسبياً ويحدث تخفيف في تركيز المكونات الداخلية في التفاعل بحيث يصبح هذا التركيز غير كافياً لبدء التفاعل .

د – تحدث تفاعلات أكسدة الدهون (التزنخ) عند درجة نشاط مائي منخفضة جداً أقل من 0.1 (الأغذية المجففة المحتوية على الدهون مثل اللبن البودرة) ويقل معدل هذا التفاعل بارتفاع درجة النشاط المائي لتصل على 0.3 (يرجع ذلك إلى أدرتة المعادن الموجودة بالغذاء) مما يؤدي إلى ربط البيروكسيدات المتكونة منها من إتمام تفاعل التزنخ. ثم يرتفع معدل التفاعل مرة أخرى ليصل إلى أقصى نشاط له عند درجة نشاط مائي = 0.65 ثم ينخفض مرة أخرى بعد ذلك ، مما يوضح أن مدة صلاحية اللبن البودرة محدودة جداً لحدوث تفاعلات التزنخ وتفاعلات ميلارد به .

هـ– يرتفع معدل تفاعل هدم فيتامين C ، بالغذاء بارتفاع درجة النشاط المائي له ويرجع ذلك لزيادة حركية جزيئات الماء المنزوعة من الفيتامين أثناء أكسدته.



درجة النشاط المائي

شكل رقم (2–3): العلاقة بين سرعة تفاعلات تلف الغذاء ودرجة النشاط المائي

. (منحنى الامتزاز في الشكل يعبر عن المحتوى الرطوبي للغذاء عند درجة النشاط المائي المختلفة)

3/2 تأثير الهواء الجوي والأكسجين :–

تتفاوت حساسية المادة الغذائية للأكسجين حسب نوع المادة الغذائية و المكونات الداخلة في تركيبها ويبين الجدول التالي (جدول رقم 2–1) أقصى تركيزات مسموح بها للأكسجين داخل المادة الغذائية .

جدول(2–1) أقصى تركيزات مسموح بها للأكسجين داخل المادة الغذائية :–

المادة الغذائية	الحدود المسموح بها للأكسجين (جم أكسجين / جم مادة غذائية)	المادة الغذائية	الحدود المسموح بها للأكسجين (جم أكسجين / جم مادة غذائية)
لبن معقم	0.008-0.001	قهوة محمصة	0.15
عصائر فاكهة	0.02	جبن جاف	0.42
مياه غازية	0.04	لحوم ومنتجاتها	0.015
مسحوق بيض كامل	0.035	مسحوق بطاطس مجففة	0.015
لبن بودرة	0.015	خضار معلب	-

وتؤدي الزيادة في تركيز الأكسجين إلى تدهور الخواص الحسية للمادة الغذائية نتيجة لأكسدة الدهون حيث يظهر – على سبيل المثال – طعم عشبي غير مقبول لمسحوق البطاطس نتيجة لامتصاصه الأكسجين رغم انخفاض محتواه من الدهون وتعبئته في جو من غاز خامل مثل النتروجين . ومن أمثلة المنتجات الغذائية التي تتزنخ لامتصاصها الأكسجين كل من اللبن الجاف واللحم المجفف والخضروات المجففة والزيوت العطرية والأحماض الدهنية الأساسية وفيتامينات A, C, E وبعض الأحماض الأمينية مثل الأرجنين والهستدين والليسين والمثيونين ومركبات الألوان الطبيعية .

وتزداد سرعة تفاعل الأكسجين مع المادة الغذائية كلما زاد ضغط الغاز وكبرت المساحة السطحية للمادة الغذائية كما هو الحال في المساحيق المسامية.

ولإطالة مدة حفظ وصلاحية المواد الغذائية المعبأة فإنه من الضروري نزع كل الأكسجين من العبوة قبل قفلها .

أما بالنسبة للمواد الغذائية عالية اللزوجة والمضغوطة مثل المرجرين والشيكولاته والمايونيز والجبن المطبوخ فإن تركز الأكسجين بها يتوقف على النسبة بين سرعة تفاعل الأكسجين وسرعة انتشاره داخل هذه المواد الغذائية حيث أن اللزوجة العالية لهذه المنتجات تعوق تخلل (انتشار) الأكسجين داخلها.

4/2 تأثير الضوء على معدل تلف وفساد الأغذية :

تتأثر المواد الغذائية (وخصوصاً الغنية بالدهون) بالضوء مما يؤدي إلى تدهور في جودة المنتج وخصوصاً المنتجات الدهنية والزيوت.ويتأثرفيتامين B بشدة بالأشعة الضوئية ذات الطول الموجي من 415 إلى 455 نانومتر.

كما أن فيتامينات B,C تتهدم تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية (UV).

كما تعتبر الأحماض الأمينية (الهستدين ، التربتوفان ، التيروزين، فينايل ألانين والأحماض الأمينية الكبريتية) الموجودة بالغذاء ومسحوق البطاطس المجففة والنقل والتوابل وعصائر الفاكهة والمايونيز وكثير من المنتجات الغذائية الأخرى من أصل نباتي أو حيواني حساسة للضوء.

وعلى العكس من ذلك، وبالنسبة للحوم الطازجة فإن تخزينها في جو مظلم يساعد على امتصاص كمية عالية من الأكسجين تؤدي إلى تحول صبغة الميوجلوبين إلى أوكسي ميوجلوبين ذات اللون الزاهي المرغوب للحم أما في حالة تخزين اللحم في وسط مضيء مع الأكسجين فإن كل من الضوء و الأكسجين يؤدي إلى تكون تفاعلات غير مرغوبة تقلل من جودة اللحم .

وتوجد علاقة مشتركة بين تأثير الضوء وتفاعلات الأكسدة الذاتية حيث أن الأشعة الضوئية الممتصة تتحول إلى طاقة داخل الغذاء وتنشط بعض المواد الحساسة (Sensibilisators) مثل الكلورفيل والفيوفيتين التي تعمل بالتالي كعوامل مساعدة لتنشيط الأكسجين للدخول في تفاعلات الأكسدة الذاتية .

وتتلخص الفروق بين الأكسدة الذاتية العادية (Auto-oxidation) والأكسدة الضوئية (Photo-oxidation) فيما يلي :

1- تحتاج تفاعلات الأكسدة الذاتية إلى فترة تحضين عالية (Induction period) لبدء التفاعل بينما تبدأ تفاعلات الأكسدة الضوئية (امتصاص الأكسجين في وجود الضوء) فوراً عند تعرض الغذاء للضوء. وتعتبر هذه النقطة هامة جدا عند تحديد مدة صلاحية المنتج للاستهلاك الآدمي.

2- لا تؤدي الأكسدة الضوئية في العادة إلى تكوين شقوق حرة Free radical لذلك فإنها لا تستمر ذاتياً وتتوقف بعد فترة من استمرار التعرض للضوء.

3- يمكن التغلب على الأكسدة الضوئية للغذاء باستخدام مضادات الأكسدة مثل التوكوفيرول ومضادات الأكسدة الأخرى والتي تؤدي إلى إطالة فترة التحضين قبل بدء تفاعلات الأكسدة مما يؤدي إلى إطالة مدة صلاحية الغذاء.

1/4/2 تأثير شدة الضوء على سرعة تفاعلات الأكسدة في الزيوت:

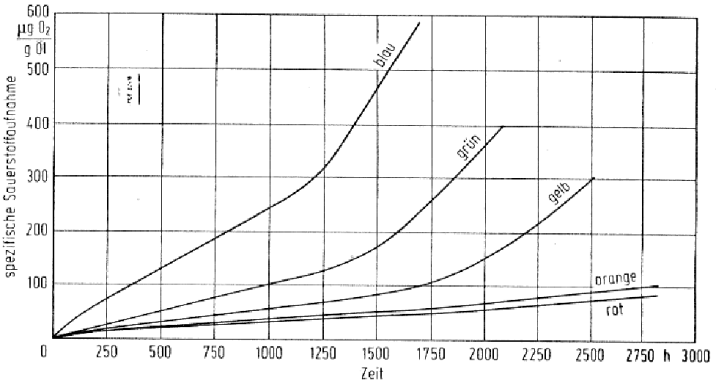
أثبتت التجارب العلمية أن سرعة امتصاص الزيوت النباتية (مثل زيت فول

الصويا وزيت عباد الشمس وزيت الفول السوداني) تتناسب طردياً مع الجذر التربيعي لشدة الضوء. وفي حالة بدء تفاعلات الأكسدة الذاتية في هذه الزيوت فإنها تستمر حتى لوخزن الزيت بعد ذلك في جو مظلم ولكن بسرعة أقل.

2/4/2 تأثير طول الموجة الضوئية على سرعة تفاعلات الأكسدة في الزيوت:

تزداد سرعة تفاعلات أكسدة الزيوت عن تعرضها لأشعة ضوئية ذات موجات قصيرة (ضوء أزرق) وتقل عند تعرضها لضوء ذو موجات طويلة (ضوء أحمر) حيث أن الطاقة الممتصة من الضوء الأزرق أكبر بحوالي 10 أضعاف من الضوء الأحمر نتيجة للزيادة في كمية الأكسجين الممتصة.

وفي بعض الزيوت فإن تغير طول الموجة الضوئية من 380 نانومتر إلى 500 نانومتر يؤدي إلى زيادة في سرعة تفاعلات الأكسدة بمقدار 37 ضعف وبالمقارنة بعينات الزيت المخزنة في جو مظلم فإن الزيادة تصل إلى 750 ضعف. لذلك يعتبر الضوء ذو الموجات القصيرة خطراً على صلاحية الزيوت نتيجة لزيادة امتصاص الأكسجين ولاستمرار تفاعلات الأكسدة عند تخزين الزيت بعد ذلك في جو مظلم. وتعتبر الأشعة فوق البنفسجية (UV) ذات طول موجي من 300 إلى 400 نانومتور أشدها خطورة كما هو موضح بالشكل رقم (2-4) لذلك يجب تفادي تعرض الزيوت المعبأة لها .

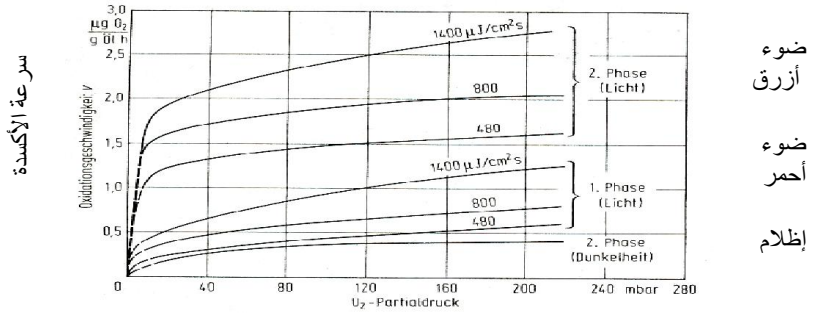


شكل رقم 2-4
تأثير طول الموجة الضوئية على امتصاص الزيت للأكسجين

3/4/2 تأثير الضغط الجزئي للأكسجين على سرعة أكسدة الزيوت :

لا تتأثر سرعة أكسدة الزيوت كثيراً بقيمة الضغط الجزئي لغاز الأكسجين . ويوضح الشكل رقم (2-5) العلاقة بين الضغط الجزئي لغاز الأكسجين وشدة الضوء وسرعة تفاعلات الأكسدة للزيوت .

وعند انخفاض ضغط الأكسجين إلى أقل من 10 مللي بار فإن سرعة الأكسدة تقل تماما ولا تتأثر جودة الزيت ويمكن تخزينه لمدة أطول . فإذا تم تعبئة الزيت في عبوات منفذة للضوء فإنه يجب المحافظة على الضغط الجزئي للأكسجين في الوسط المحيط داخل العبوة إلى أقل ما يمكن ويفضل تخزينه في جو مظلم وأن يكون معامل نفاذ مادة العبوة للأكسجين منخفضاً .



الضغط الجزئى للأكسجين

شكل رقم(2-5): العلاقة بين الضغط الجزئي للأكسجين وشدة الضوء وسرعة تفاعلات الأكسدة

(الأرقام على المنحنيات تدل على كمية الطاقة الممتصة من الضوء)

وتوجد علاقة مشتركة بين تأثير كل من الضوء والأكسجين على أكسدة الزيوت ، وبغض النظر عن الحالات القليلة التي يحدث فيها الضوء بمفرده تفاعلات غير مرغوبة فإن وجود الأكسجين مع الضوء يسرع من حدوث هذه التغيرات وخصوصاً في المواد الغذائية الدهنية المضغوطة مثل المرجرين
و الشيكولاتة والجبن الجاف حيث تتركز التغيرات الأوكسيدية غير المرغوبة في الطبقة السطحية لها نظراً لصعوبة اختراق الضوء داخلها .

تذكر

العوامل المؤثرة على سرعة تلف المواد الغذائية هى:-

أ- درجة الحرارة

ب- المحتوى الرطوبى للغذاء و درجة النشاط المائي و يتوقف النشاط الميكروبى عند درجة نشاط مائي أقل من 0.7 .كما يتوقف النشاط اللاإنزيمى عند درجة نشاط مائي أقل من0.3.بينما تستمر تفاعلات أكسدة الدهون (التزنخ) حتى درجة نشاط مائي أقل من 0.1.

ج- مدى تواجد الأكسجين و الهواء الجوى

د- تعرض المواد الغذائية تعرضا مباشرا للأشعة الضوئية و التي تؤدى إلى أكسدة (تزنخ) الدهون و يسمى هذا التفاعل باسم " الأكسدة الضوئية".

الباب الثالث

الفساد الميكروبي للأغذية وطرق التغلب عليه

ينشأ الفساد الميكروبي للأغذية نتيجة لنشاط الأحياء الدقيقة الملوثة للغذاء (البكتريا والخمائر والفطريات) والأساس في حفظ الأغذية هو وقف نمو هذه الأحياء الدقيقة أو القضاء عليها لمنع التسمم الغذائي الميكروبي ولإطالة مدة صلاحية الغذاء للاستهلاك الآدمي .

1/3 تقسيم الميكروبات المسببة لفساد الأغذية :

Bacteria 1/1/3

البكتريا هي عبارة عن أحياء دقيقة وحيدة الخلية لا تحتوي على نواة كاملة ، ويتراوح قطر الخلية البكتيرية بين 0.15 إلى 10 ميكرون . ويختلف شكل البكتريا حسب النوع فيوحد الشكل الكروي وتسمى بال (*cocus*) والعصوي واللولبى . ويمكن تقسيم البكتريا الكروية الشكل فيما بينها . فمنها ما يكون سلسلة طويلة من خلايا أحادية مثل بكتريا *Streptococus* أو تكون شكلاً عنقوديا مثل بكتريا *Staphylococus* . ويبلغ قطر البكتريا الكروية 15 – 20 ميكرون وتتكاثر عن طريق الانقسام الثنائي (تكاثر لاجنسي) . أما البكتريا العصوية فيتراوح طولها بين 0.5 إلى 10 ميكرون وسمكها من 0.2 إلى 3 ميكرون .

وباستطاعة البكتريا من أجناس *Bacillus* ، *Clostridium* أن تكون جراثيم Spores مقاومة جداً للحرارة التي تستطيع بعد ذلك النمو في البيئات الغذائية وتتحول إلى خلايا بكتيرية خضرية نشطة . وهذه الجراثيم تعتبر مقاومة جداً للتجفيف والتفريغ التام ودرجات الحرارة العالية والمعاملة بالإشعاع كما تقاوم المنظفات والمطهرات . وتعتبر البكتريا المكونة للجراثيم من أخطر المسببات للتسمم الغذائي وأهمها أجناس *Bacillus cereus* ، *Clostridium perfringens* ، *Clostridium botulinum* . ولا يتم تقسيم البكتريا فقط طبقاً لشكلها المورفولوجي بل يمكن تقسيمها طبقاً للون الذي تكتسبه عند صبغها بصبغة جرام حيث تقسم إلى :

1–بكتريا تكتسب اللون الأزرق (موجبة لصبغة جرام) .

2–بكتريا تكتسب اللون الأحمر (سالبة لصبغة جرام) .

ويتوقف اللون الذي تكتسبه البكتريا على تركيب جدار الخلية البكتيرية. وينتمي إلى مجموعة البكتريا السالبة لصبغة جرام البكتريا المسببة للفساد وبكتريا السالمونيلا *Salmonella* الممرضة وبكتريا القولون مثل *Escherichia* ، *shigeila dysenteriae* . ويعطى عدم وجود البكتريا السالبة لصبغة جرام في

الغذاء مؤشراً على الحالة الصحية للمنتج . وينتمي للبكتريا الموجبة لصبغة جرام كل من أجناس *Bacillus* ، *Clostridium* ، *Lactobacillus* .

كما يمكن تقسيم البكتريا حسب احتياجها للأكسجين للنمو إلى :

1-بكتريا هوائية حتماً .

2-بكتريا لا هوائية حتماً .

3-بكتريا هوائية أو لا هوائية اختيارية .

وتنمو البكتريا على مدي واسع من درجات الحرارة بحيث يمكن تقسيمها أيضاً إلى 3 أقسام كما يلي :

1-بكتريا محبة للحرارة (*Thermophiles*) وتنمو على مدي درجات حرارة بين 45° م – 80°م .

2-بكتريا وسطية الحرارة (*Mesophiles*) وتنمو على مدي درجات حرارة بين 10°م – 50°م .

3-بكتريا محبة للبرودة (*Psychrophiles*) وتنمو على مدي درجات حرارة بين صفرْ م إلى 30°م وتسبب فساداً في الأغذية المحفوظة بالتبريد .

2/1/3 الخمائر Yeasts :

يبلغ حجم الخميرة تقريباً عشرة أضعاف حجم البكتريا وشكلها كروي أو بيضاوي وتتكاثر عن طريق التبرعم (Budding) ، ويمكن تعريفها بأنها فطريات ذات خلية واحدة وتحتوي على نواه كاملة . ويمكن أن تلتصق البراعم المتكونة بالخلية الأم أو تنفصل عنها . وبعض الخمائر مثل خميرة الخباز (*Saccharomyces cerevisiae*) لها القدرة على تكوين جراثيم تعرف باسم الجراثيم الأسكية (Ascospores) ولكنها بعكس جراثيم البكتريا غير مقاومة للحرارة وتقتل عند درجة حرارة 60°م . وبعض الخمائر مفيدة وتستخدم في صناعات عديدة مثل خميرة *Sacchromyces cerecisiae* التي تستخدم في صناعة الخبيز وتستخدم سلالات منها في صناعة البيرة وصناعة النبيذ كما أن هناك بعض الخمائر الضارة التي تسبب فساد الأغذية مثل :

1- *zygosaccharomyces* : وتسبب فساد الأغذية المحتوية على نسبة عالية من السكر .

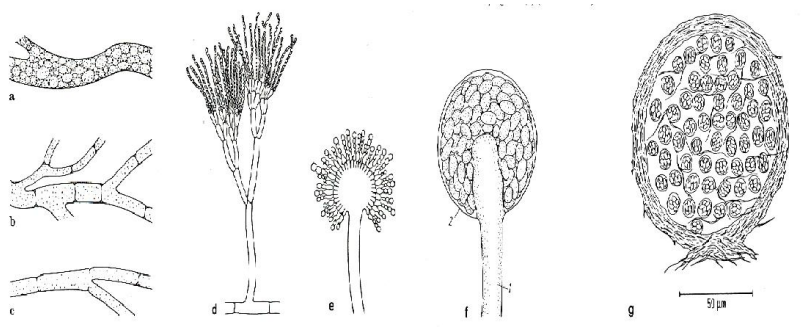
2- *Pichia* : وتسبب فساد المخللات لقدرتها على النمو في محاليل ملحية

3- *Debaromyces* : وتسبب فساد المخللات واللحوم المملحة والمجففة

4- *Mycoderma* : تنمو على سطح المخللات ويمكنها أكسدة حامض اللاكتيك الذي يعتبر المادة الحافظة في صناعة المخللات .

3/1/3 الفطريات (Molds) :

تتميز الفطريات باحتوائها على نواة كاملة ولها القدرة على الحركة وتشبة النباتات في احتوائها على حويصلة خلوية (vacuoles) تحتوى على سائل ولكن ليس لها القدرة على التمثيل الضوئي لغياب الصبغات الضوئية، لذلك فإنها تعتبر طفيلية (heterotroph) . وتنمو الفطريات في ظروف هوائية وتحصل على الطاقة اللازمة للنمو والحركة من أكسدتها للمواد العضوية ، لذلك تعتبر تعبئة الغذاء في عبوة خالية من الأكسجين وسيلة حفظ ضد نمو الفطريات . وتنبت الفطريات على هيئة خيوط تسمى هيفا Hyphes يبلغ قطرها حوالي 5 ميكرون ومجموع هذه الخيوط يسمي ميسيليوم (Mycellium). ويمكن أن تكون الخيوط مقسمه أو غير مقسمه من الداخل أو متفرعة كما هو موضح بالشكل رقم(3-1)



شـــكل

رقم 3-1:التركيب البنائي للفطريات

a- هيفات فطر غير مقسمة من الداخل

b- هيفات فطر متفرع و مقسمة من الداخل

c- هيفات فطر مقسمة من الداخل بحواجز غير كاملة

e،d- جراثيم كونيدية لفطرى البنيسيليوم و الأسبراجلس

f- جراثيم كونيدية داخل رأس لفطر Mucor

g - جراثيم اسكية داخل ميسيل فطر Talaromyces

وتتكاثر الفطريات بالإنقسام أو بواسطة الجراثيم الجنسية أو غير الجنسية . وتكون الفطريات نوعين من الجراثيم هي الجراثيم الكدونيدية (Conidia) أو الأسكية (Ascospores) وتكون الجراثيم الكونيدية على هيئة فروع رأسية كما في فطر الأسبرجلسي والبنيسيلوم (شكل رقم 3-1) ويكون لونها أخضر داكن أو أخضر زرقاوى وهي فطريات تسبب العفن لكثير من الأغذية، أو تكون داخل رأس طرفية للفطر كما في فطر *Mucor* وتنتشر في الوسط المحيط عند اكتمال النمو ، أما الجراثيم الأسكية فهي جراثيم جنسية وتنشأ داخل ميسيل الفطر (شكل رقم 3-1) .

وتعتبر الجراثيم الكونيدية والأسكية غير مقاومة للحرارة (عدا فطر *Byssochlamys fulve*) ويمكن قتلها بالحرارة الرطبة على درجة حرارة 100° م لعدة دقائق وبالرغم من ذلك فإن جراثيم الفطر تقاوم تأثير الموجات الضوئية فوق البنفسجية بمعدل أكبر من مقاومة البكتريا لهذا النوع من الضوء. وتعتبر نواتج التمثيل الغذائي لبعض الفطريات (مثل *Aspergillus flavus*) سامة جداً للإنسان ، وأخطر هذه المواد السامة (والتي يطلق عليها Mycotoxins) كل من الأفلاتوكسينات ، توكسين فيوازريوم ،وأوكرتوكسين P

وهناك عدة أجناس من الفطريات نافعة وتستعمل في الصناعة لإنتاج بعض المنتجات الغذائية والصيدلية مثل :

1- بعض أصناف جنس *Aspergillus* وتستخدم في إنتاج حمض الستريك وحمض الجلوكونيك صناعياً .

2- بعض أجناس فطر *Penicilliun* ، *Streptomyces* وتستخدم في إنتاج المضادات الحيوية .

3- بعض الفطريات التي تستخدم في تسوية الجبن وإنتاج جبن ذات مواصفات خاصة .

2/3 الفساد الغذائي المتسبب عن الميكروبات :

تفسد الأغذية ذات رقم الـ pH المتوسط (pH=7) مثل اللحوم والأسماك واللبن والبيض أساسا بواسطة البكتريا حيث تنمو تحت الظروف المناسبة البكتريا العصوية السالبة لصبغة جرام وتسبب فساد الغذاء بسرعة وقبل أن تصل أعداد الخميرة وفطريات العفن لأعداد كبيرة . وفي حالة ما إذا لم تتمكن بكتريا الفساد العصوية من النمو على هذه الأغذية على سبيل المثال عند جفاف الطبقة السطحية للحوم – فيمكن للبكتريا الكروية والخمائر وفطريات العفن أن تنمو على سطح اللحوم، أما العصائر المحتوية على نسبة عالية من السكريات والأحماض العضوية فإنها تفسد بواسطة الخميرة إذا خزنت على درجة حرارة الغرفة ويؤدي تخزينها على درجات حرارة أعلى أو أقل من ذلك إلى تشجيع نمو البكتريا – وفي اللبن فإن البكتريا *Pseudomonas*، *Alcaligens* تنمو حتي علي درجات حرارة قريبة من نقطة تجمد اللبن ، بينما تنمو بكتريا *Streptococcus* وبكتريا القولون(*Coliforms*) علي درجة حرارة الغرفة.

1/2/3 التسمم الغذائي الميكروبي و الإجراءات الصحية اللازمة:

تسبب التوكسينات المعروفة باسم الافلاتوكسينات والمفرزة من فطر *Aprergillus flavus* أمراض سرطانية وتلف المرارة وتبلغ الحدود القصوي المسموح بها من هذه التوكسنات كما يلي :

-أفلاتوكسين ب$_1$ 1 مكيروجرام / كجم غذاء.

-التوكسين البيوتولوني (نوع ب) أقل منن 0.1 ميكرو جرام / كجم غذاء.

-توكسين بوتولوني (نوع P) botulism أقل من 1 ميكرو جرام/ كجم . ويفرز التوكسين البيوتولوني في الجهاز التنفسي للإنسان بواسطة بكتريا *clostridium botulinum* ويؤدى إلى نسبة وفيات في الإنسان (حالات تسمم الفسيخ) .

و يجب في البداية التفريق بين نوعين من التسمم الغذائي الميكروبي:

أ – التسمم الغذائي الناشئ عن توكسينات تفرز في الغذاء قبل تناوله بواسطة الإنسان مثل التسمم البيوتولوني – وتعرف التوكسينات بأنها نواتج التمثيل الحيوي الميكروبي السامة والتي يفرزها الميكروب في البيئة التي ينمو عليها ولا تنتمي التسممات الناشئة عن كل من بكتريا *clostridium prefringens*– وبكتريا *Bacillus cereus* بالضرورة إلى هذا النوع الأول من التسممات .

ب-التسمم الغذائي المرضي (يسبب أمراضاً للإنسان) ناشئة من تناوله غذاء ملوث بالميكروبات والتي تبدأ في فرز التوكسينات المرضية لها في الجهاز الهضمي للإنسان بعد تناوله الغذاء (مثل الأمراض الناشئة عن تناول غذاء ملوث بالسالمونيلا وبكتريا التيفود). وإذا تم التخلص من هذه الميكروبات قبل تناول الغذاء فإنها لا تستطيع إفراز هذه التوكسينات ولا يسبب الغذاء ضرراً صحياً في هذه الحالة .

وتتوقف شدة الحالة المرضية التي تحدثها هذه الميكروبات على نوع الميكروب وعدد خلاياه الموجودة بالغذاء . ففي حالة ميكروب الـ *Shigella* (المسبب لمرض الدوسنتاريا) فيكفي عدد قليل جداً من الميكروب لإحداث المرض بينما في السالمونيلا *salmonella* المسببة لأمراض الأمعاء (مثل التيفود) فإنه يلزم حد أدني من الميكروب بين 1000 – 10.000 خلية حية لإحداث المرض أما في حالة بكتريا *Vibrio* المسببة للكوليرا فإنه يلزم وجود عدد وقدره عدة مئات الآلاف من الميكروب في الغذاء المتناول كما يلزم لكلاً من بكتريا *staphylococcus* وبكتريا *B.cereus* عدد قدره 10 مليون خلية بكترية على

الأقل لإحداث المرض – وتتوقف مدي خطورة هذه الأعداد البكتيرية المرضية أيضاً على الحالة الصحية للإنسان المتناول للغذاء الملوث وتكون خطرة جداً بالنسبة للأطفال وكبار السن .

ويجب معرفة أن هذه الأعداد الكبيرة من البكتريا المرضية لا تؤثر على الخواص الحسية للغذاء المتناول وبالتالي لا يمكن اكتشافها عند تناول الغذاء .

وتتوقف المدة اللازمة لوصول الميكروب إلى العدد الخطر في الغذاء على نوع الميكروب كما يلي :

Bacillus cerus	1–8 ساعة
Staphylococcus	2–4 ساعة
Salmonella	12–36 ساعة
Shigella	1–7 أيام

بكتريا التيفود وبكتريا أمراض الكبد عدد أسابيع

وتتسبب البكتريا ذات مدد التحضين (النمو) القصيرة مشاكل صحية كثيرة في التغذية الجماعية وخصوصاً للمسافرين بالطائرات والبواخر عند تناولهم الوجبات الملوثة أثناء الرحلة .

1/1/2/3 التسممات والتلوثات الناشئة عن تناول الأغذية الطازجة :

يمكن أن يتلوث الغذاء الطازج بالميكروبات المكونة للتوكسينات أثناء عمليات الإنتاج الحقلية (المزرعية) له ، وأوضح مثال لذلك هو الفول السوداني عند زراعته في أجواء حارة رطبة وعند تخزين المحصول غير المجفف في مخازن تحت ظروف جوية غير محكمة تتكثف الرطوبة على سطح حبوب الفول المقشور وتتسبب في نمو الميكروبات المكونة لتوكسينات الأفلاتوكسين .

كما يمكن لفطر *Penicillium expansum* أن ينمو على ثمار التفاح ويفرز توكسين فطري يعرف باسم الباتولين (patulin) . كما يمكن لهذا الفطر أن يخترق سطح الثمار الطرية مثل الخوخ والطماطم والكمثري الناضجة ويفرز التوكسين داخل هذه الثمار بحيث يؤدى إلى فساد وعطب الثمرة بالكامل وليس جزءا منها فقط .

وقد تستخدم بعض الفطريات لتسوية بعض المنتجات الغذائية وإعطائها مذاقا خاصاً مثل الفطريات التي تستخدم في صناعة جبن الكممبيرت (Camembert) وجبن الجورجونزولا (Gorgonzola) وجبن الركفورت (Roquefort) ولكنها لا تفرز توكسينات سامة داخل هذه الأغذية ، كما أن الفطر الذي ينمو على سطح المربات لا يفرز توكسين داخلها ويخلو كل من الجيلاتين

والزيوت النباتية المكررة واللحوم المعبأة في عبوات مفرغة من التوكسينات الميكروبية . كما أثبتت الدراسات إمكانية وجود التوكسينات الفطرية في الذرة وأغذية الإفطار واللوز والجوز والبندق وعصائر التفاح والجريب فروت .
ويمكن للبن الطازج (لبن السوق) غير المبستر أن يحتوي على توكسينات فطرية مثل أفلاتوكسين من نوع (م 1) إذا تناول الحيوان عليقة يحتوي الكيلو جرام منها على أكثر من 10 ميكروجرام أفلاتوكسين .
كما يمكن للغذاء أن يتلوث أيضاً بالتوكسينات الميكروبية أثناء إعداده وتجهيزه للتناول الطازج . فعلى سبيل المثال يمكن للحوم الطازجة أن تتلوث بميكروب *Clostridium perfringens* أثناء الذبح والتشفية إذا كانت الأحشاء الداخلية للحيوان ملوثة بهذا الميكروب حيث أن زمن التضاعف العددي لهذا الميكروب هو 20 دقيقة (عند درجة حرارة 37°م) وبالتالي يمكن أن يصل أعدادها إلى الحد الحرج المسبب للمرض أثناء مدة خفض درجة حرارة قطع اللحم (تبريد) والتي تستغرق عادة من 7 إلى 8 ساعات في المجازر .
كما يمكن للغذاء الطازج أن يتلوث بالميكروبات التوكسينية نتيجة لعدم توفر الاشتراطات الصحية في العمال القائمين بعمليات التجهيز أو عدم مراعاتهم للنظافة الشخصية أو استخدام ماء ملوث في عمليات التجهيز أو نتيجة لانتقال الميكروب السام من عينة غذائية مصابة إلى باقي عينات الغذاء كما يحدث عند تبريد ذبائح الدجاج في حوض مائي واحد بارد حيث ثبت انتقال السالمونيلا إلى الدجاج السليم من دجاجة مصابة أثناء عملية الذبح في أحواض مائية ولقد امتنعت الدول الأوروبية عن استخدام هذه الطريقة واستبدالها بالتبريد بالهواء الرطب البارد عن طريقة تعليق الذبائح منفردة على خطافات مثبتة في جنزير علوي ناقل بحيث يترك مسافة بين كل دجاجة وأخرى لمنع التلامس .
كما يمكن للأسماك التي تنمو في مياه غير نظيفة أن تتلوث بالفيروسات المرضية والسالمونيلا وميكروب *Clostridium botulinum* وتتلوث الخضروات الورقية مثل الخس والجرجير والبقدونس والكرات والفجل والثمار التي تستهلك طازجة بمياه الغسيل الغير نظيفة حيث يزداد الحمل الميكروبي والحيواني لها (ديدان ، بروتوزوا ، أميبيا) والمعادن الثقيلة ويسبب أمراض للإنسان عند تناولها كما تتعرض الثمار على الأشجار بالتلوث بالقطر المسبب لتوكسين الباتولين عند انتقاله بواسطة الحشرات الطائرة (نحل ، ذباب .. الخ) ونستخلص من ذلك انه يجب اتخاذ الاحتياطات الصحية المناسبة عند تجهيز وإعداد الأغذية الطازجة للاستهلاك الطازج لتفادى الإصابة بالحالات المرضية .

2/1/2/3 التسممات والتلوثات الناشئة عن استهلاك الأغذية المعاملة حراريا:

تنشأ التسممات والتلوثات من الأغذية المعاملة حرارياً لسببين رئيسين هما :1-عدم كفاية المعاملة الحرارية :

2-إعادة تلوث الأغذية المعاملة بالحرارة .

1/2/1/2/3 عدم كفاية المعاملة الحرارية :

يؤدى التسخين على درجة حرارة 70° م لمدة دقيقة واحدة إلى قتل معظم الخلايا الميكروبية المرضية والفيروسات ما عدا بعض الميكروبات الأخرى المسببة للفساد الغذائي والجراثيم البكتيرية . كما يؤدى الطهى الجيد إلى قتل جميع الخلايا الميكروبية الخضرية ما عدا جراثيم *Bacillus subtilis* التي تحتاج إلى استمرار عملية الطهى لمدة 15 إلى 20 دقيقة .

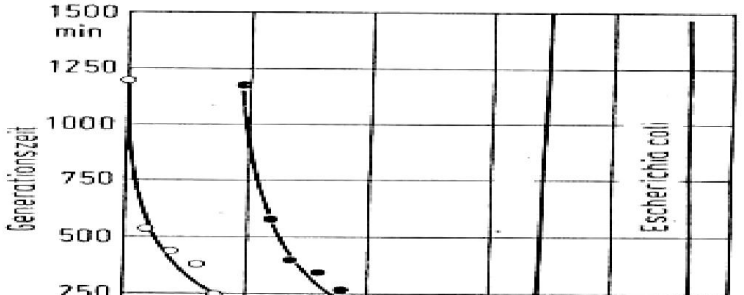
كما يؤدى التسخين على درجة حرارة 121°م لمدة 2 إلى 3 دقائق إلى قتل جراثيم الميكروبات السام *Clostridium botulinum* وتتهدم (تتحلل) جميع التوكسينات البكترية عند التسخين على درجة حرارة 80° لمدة 5 دقائق ، ما عدا توكسينات بكتريا *Staphylococcus aureus* والتي يتهدم 50% منها فقط عند التسخين على 100° م لمدة 5 دقائق ، بينما يحتاج هدم وتحلل الافلاتوكسينات معاملة حرارية شديدة جدا على 121°م لمدة 30 دقيقة . وتزداد شدة المعاملة الحرارية اللازمة كلما قل المحتوى الرطوبى وازداد المحتوى الدهني والبروتينى للغذاء .

وتكمن الخطورة في التسمم الميكروبى عند تناول التغذية المطهية منزليا والتي تكون غير كافية (من حيث المدة ودرجة الحرارة) للتخلص من التوكسينات المتواجدة بالغذاء ، فإذا تم تخزين الأغذية المطهية لعدة أيام فان معاملة الطهي تحدث صدمة حرارية للجراثيم الميكروبية المقاومة للحرارية وتشجع هذه الصدمة الحرارية إنبات الجراثيم وتكوينها لخلايا ميكروبية حية (خضرية) جديدة. وتعتبر معاملة البسترة كافية لقتل الخلايا الخضرية في عصائر الفاكهة الحامضية ذات رقم pH = 4.5 أو اقل ، ويعمل الوسط الحامضى على إعاقة نمو الجراثيم. ويجب الاحتياط عند طهي البيض لاحتمال إصابته بالسالمونيلا وتخترق الجدار وتصل إلى محتويات البيض الداخلية ولا تكفي درجة الحرارة داخل كتلة البيض أثناء الطهي لقتل كل إعداد السالمونيلا الموجودة ، كما أن درجة الحرارة الداخلية للحم أثناء الشي لا تزيد عن 70° م وهى غير كافية للاستهلاك الأمن للأغذية المشوية .

2/2/1/2/3 إعادة تلوث الأغذية المعقمة :

تتعرض الأغذية المعقمة أو السابق معاملتها حراريا للتلوث الميكروبى اذا لم تراعى الاشتراطات الصحية في تخزينها وتداولها . ويتسبب اعادة تلوث الغذاء المعقم بميكروبات السالمونيلا ، *Staphylococcus*، *Bacillus cercus* و *Clostridium perfringens* وبكتريا القولون (*E.coli*) حوالي 65% من حالات التسمم الغذائي الناشئ عن إعادة تلوث الأغذية السابق معاملتها حرارياً . وقد يكون الهدف من المعاملة الحرارية السابقة للغذاء هو قتل الخلايا البكتيرية الخضرية والبكتريا المرضية ويتسبب التداول الغير صحي للغذاء المعقم في مطابخ التغذية الجماعية في إعادة التلوث حيث غالبا ما تكون الأيادي محملة بميكروب *Staphylococcus* وميكروب السالمونيلا خصوصا اذا كانت بها جروح. كما أن استخدام قفازات حمل الأوعية والمفارش والمصافي والسكاكين يمكن أن يتسبب في إعادة تلوث الغذاء. ويمكن أن يؤدى تداول النقود الورقية القديمة في محلات البيع إلى إعادة تلوث الغذاء عن طريق يد البائع الملامسة للنقود كما أن السعال واللعاب وسوائل الأنف لعمال البيع والتداول تحمل عادة ميكروب *Staphylococcus auras* وتسبب في إعادة التلوث ، لذلك يجب الكشف الدوري على العمال للتأكد من سلامتهم وتنظيف وتطهير أدوات وأجهزة المطبخ مباشرة بعد كل استعمال وليس في نهاية يوم العمل منعا لتكوين التوكسينات عليها، وعزل الأغذية المطهية عن الأطعمة الطازجة . كما يجب مراعاة درجة الحرارة المناسبة لتخزين الأغذية والتبريد السريع لها حيث أن تواجد ميكروب واحد مثلا من ميكروب *Bacillus cereus* يمكن ان يصل لعدد قدره 10^8 خلية بعد حوالى 14 ساعة من التخزين على درجة حرارة 30°م وهو عدد حرج وكافي لتكوين التوكسينات . وعند اختيار درجة حرارة التخزين المناسبة للغذاء المطهى يجب الاحتياط من نمو بعض البكتريا المحبة للبرودة *Psychrophiles* مثل بكتريا *Pseudomonas* التي ينشط نموها عند درجات حرارة أقل من 15° م وينطبق ذلك أيضا على بكتريا القولون *Escherichia coli* كما هو موضح بالشكل رقم (3-2) .

كما يمكن أن تكون عملية صهر الأغذية المجمدة على درجة حرارة الغرفة سببا في إعادة تلوث الغذاء خصوصا إذا تم صهرها في ماء ملوث والذي يعتبر بيئة صالحة لنمو البكتريا المرضية، كما أن تخزين الأغذية المدخنة (مثل الرنجة) في الجو العادي يمكن ان يؤدى إلى التسمم البوتولينى وخصوصاً إذا كانت الأسماك مصاده من مياه ملوثة بميكروب *Clostridium botulinum*



زمن التضاعف

شكل رقم (3-2):تأثير درجة الحرارة على زمن التضاعف لبكتريا محبة للبرودة (*pseudomonas*) و بكتريا ميزوفيلية (*E.coli*)

كما أن التحضير المنزلي لكل من الجيلاتى والمايونيز قد يؤدى لحدوث تلوث وتسمم غذائي إذا كانت المواد الأولية المستخدمة في التحضير غير مبسترة.

وعموما تبلغ درجة الحرارة الحرجة لنمو كل من السالمونيلا والكلوستريديوم وبكتريا الاستاف + 6° م ولكن بعض اجناس الكلوستريد يوم السامة يصل الحد الأدنى لدرجة حرارة نموها + 3.3° م ، وبالتالي فانه يمكن تقليل مخاطر الإصابة بالتسمم الغذائي عند مراعاة درجة الحرارة المناسبة للتخزين ، كما أن التحميض البسيط للغذاء (حتى يصل رقم الـ pH إلى 4) قد تكون وسيلة بسيطة وسهلة لتفادى التسممات الغذائية عدا التسمم بالافلاتوكسينات ، كما أن استخدام علائق دواجن خالية من السالمونيلا يقلل من خطر إصابة ذبائح الدجاج والبيض بهذا الميكروب .

3/3 طرق التغلب على الفساد الميكروبى للأغذية :

1/3/3 استخدام المواد الحافظة .يمكن استخدام المواد الحافظة الطبيعية والكيماوية في منع أو تأخير الفساد الميكروبى للأغذية. ومن أمثلة المواد الحافظة الطبيعية كل من الزيوت العطرية ومستخلصات التوابل والكحول ومكونات التدخين وغاز ثاني أكسيد الكربون ، القرفة والقرنفل والمستردة وهذه المواد تقلل وتمنع تكون التوكسينات الفطرية ، ولغاز ثاني أكسيد الكربون تأثير حافظ بالإضافة إلى انه يحسن من استساغة العصائر والمياه المعدنية المستخدم فيها .

كما أن لتدخين اللحوم و الأسماك تأثير حافظ نظرا لإحتواء أبخرة الدخان على مواد فينولية مضادة لنمو الميكروبات كما أن عملية تدخين الأسماك تخفض من محتواها من ملح كلوريد الصويدوم مما يؤدى بالتالي إلى منع نمو ميكروب التسمم *Clostridium botulinum* من النوع(E) ويخضع استخدام المواد الحافظة الكيماوية مثل حمض السوربيك وحمض البنزويك للرقابة والمواصفات القياسية ولابد

من الإعلان عن التركيز المستخدم منها على بطاقة عبوة المنتج . وسوف يتناول هذا الكتاب استخدام المواد الحافظة في الأغذية في فصل خاص بشيء من التفصيل .

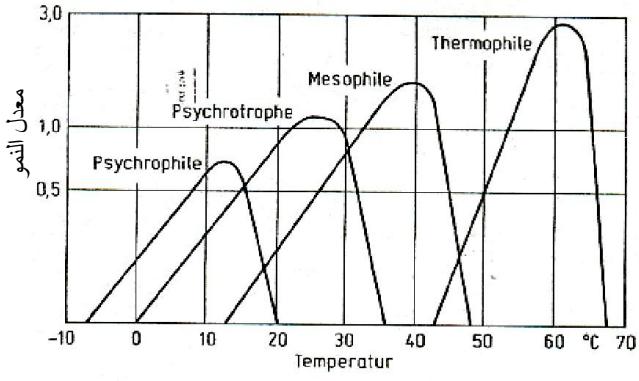
2/3/3 تأثير درجة الحرارة :

درجات الحرارة المنخفضة لا تقتل الأحياء الدقيقة بل تعوق وتؤخر نموها أو يوقفها ويمكن خفض معدل النمو الميكروبى داخل الغذاء بخفض درجة الحرارة وتوجد علاقة خطية بين كل من درجة الحرارة ، الجذر التربيعى لمعدل النمو الميكروبى ولقد وجد إن ميكروب السالمونيلا يتحمل درجات حرارة التبريد (+4°م) لعدة أسابيع .

ويمكن تقسيم البكتريا من ناحية مجال درجات الحرارة المناسبة لنموها إلى 4 اقتسام كما سبق ذكره و كما هو موضح بالشكل رقم (3-3) كما يلى :

- البكتريا المحبة للبرودة *Psychrophiles* .
- البكتريا المحبة لدرجات الحرارة المتوسطة *Mesophiles*
- البكتريا المحبة لدرجات الحرارة العالية *Thermophiles*

أما المجموعة الرابعة فهي مجموعة البكتريا التي تقع الظروف المثلى لنموها بين المجموعة السيكروفيلية والمجموعة الميزوفيلية وتسمى هذه المجموعة باسم البكتريا الباردة الرمية (*Psychroatraphes*) وتضم عدداً كبيراً من البكتريا المسببة لفساد الاغذية مثل بكتريا *Pseudomonas* و بكتريا *Achromobacter* والتي تتسبب في فساد اللحوم الطازجة المحفوظة بالتبريد.



شكل رقم (3-3): معدل النمو للميكروبات ذات درجات حرارة مثلى مختلفة

وعادة تبدأ الأحياء الدقيقة في الموت بسرعة على درجات الحرارة التي تزيد على الدرجة القصوى لنموها وذلك لزيادة معدلات الهدم البنائى Catabolism عن معدلات البناء Anabolism وبالتالي تتوقف عملية التمثيل الغذائي البنائى داخل الميكروب عن تكوين خلايا ميكروبية جديدة

وتتحول إلى تكوين الجراثيم أو إلى طور الكمون. وتقتل الخميرة والبكتريا الخضرية على درجة حرارة 80°م لمدة 10 دقائق بينما تتحمل الجراثيم البكتيرية درجات حرارة مرتفعة تصل إلى 121°م. ونظراً لان معظم البكتريا المرضية اقل مقاومة للحرارة فان درجات حرارة البسترة تكفي لقتلها. وكلما زادت درجة الحرارة المستخدمة كلما قلت المدة اللازمة لقتل الميكروبات وتتوقف درجة التعقيم (sterilization value) التي يصل اليها الغذاء بعد المعاملة بالحرارة على العدد الابتدائي للميكروبات ودرجة الحرارة والمدة المستخدمة وكل من التركيب الكيماوي للغذاء وخواصه الطبيعية (وأهمها اللزوجة) لأنها يمكن أن تعمل على حماية الميكروب أو على إعاقة التخلل الحراري داخل الغذاء .

ويؤدى التجميد (Freezing) إلى وقف نمو ونشاط الأحياء الدقيقة وبالتالي حفظ الغذاء لمدة طويلة نسبياً ولكنه لا يؤدى إلى قتل الميكروبات. أما في الأغذية الحمضية (ذات رقم pH اقل من 4.5) فان عملية التجميد تؤدى إلى قتل عدد كبير من الميكروبات الموجودة بها .

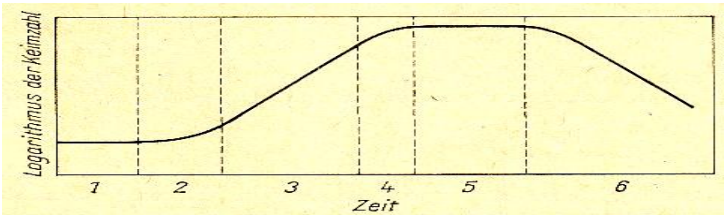
وتستطيع بعض فطريات العفن (مثل *Thamnidium*) تحمل درجات الحرارة المنخفضة (حتى −7°م) وتنمو بشدة على درجة حرارة +6°م (وهى عادة درجة الحرارة في الثلاجات المنزلية) ، بينما يتوقف نمو البكتريا السيكروفيلية الرمية مثل *Pseudomomas* ، *Achromobacter* عند درجة
-5 م، أما البكتريا المحبة للملوحة فإن نموها يتوقف عند −9 م.
كما يلاحظ أن الحد الأدنى لدرجات حرارة نمو جراثيم بكتريا *Clostridium botulinum* يكون أعلى من الحد الأدنى لنمو الخلايا الخضرية لها وبالتالي لا تنبت هذه الجراثيم عند درجات الحفظ بالتجميد كما وجد أيضا ان بكتريا *salmonella tiphosaes*تتحمل درجات حرارة التجميد لمدة قد تصل إلى 6 شهور. ويتوقف نمو الخمائر عند درجة حرارة صفر م ما عدا بعض الخمائر السيكروفيلية التي يتوقف نموها عند −10 م وتكون الخمائر المتبرعمة أكثر حساسية لعملية التجميد ومنها خميرة الخباز المستخدمة في العجائن لذلك يجب تجميد العجائن الغذائية بطريقة التجميد السريع حتى لا يتم قتل عدد كبير من الخميرة الحية الموجودة بها كما يجب ان يكون صهرها عند استخدامها سريعاً أيضا.

ويجب استهلاك الأغذية المجمدة بمجرد انصهارها وذلك حتى لا تنشط الاحياء الدقيقة التي لازالت موجودة بالغذاء وانما كانت فقط على صورة ساكنة مؤدية بذلك إلى فساد الأغذية.

3/3/3 خفض الحمل (العدد) الميكروبى الابتدائي :

يؤثر الحمل الميكروبى الابتدائي على مدى قابلية الغذاء للحفظ وطرق الحفظ المناسبة والزمن اللازم لإجراء المعاملة الحرارية .

وتتكاثر الميكروبات الموجودة في الغذاء ويزداد عددها بسرعة . لـــذلك يلجأ إلى التعبير عن العلاقة بين الزمن والعدد الميكروبي بتوقيع لوغاريتم العدد الميكروبى (وليس العدد المطلق للميكروبات) للحصول على علاقة خطية (او شبه خطية) بين الزمن والعدد الميكروبى ، كما هو موضح بمنحنى النمو الميكروبى (شكل رقم 3–4)



شكل رقم 3–4: منحنى النمو الميكروبي

وينقسم منحنى النمو إلى 3 أقسام هي :

أ–مرحلة التحضير Lag phase : وفيها يظل عدد ميكروبات الحمل الابتدائي ثابت لفترة زمنية معينة تتوقف على كل من العدد الابتدائي للأحياء الدقيقة (N_0) ودرجة الحرارة والخواص الكيمائية والطبيعية لبيئة النمو ، وكلما طالت هذه المدة يتأخر فساد الغذاء .

ب–مرحلة النمو السريع : وفيها يزداد العدد الميكروبي بسرعة بحيث نلجأ إلى توقيع لوغاريتم العدد حتى نستطيع الحصول على خط مستقيم ولذلك تسمى هذه المرحلة " مرحلة النمو اللوغاريتمي Logarithmic phase وهى مرحلة خطرة يصبح الغذاء بعدها فاسداً.

ج–مرحلة الثبات Stationary phase : وفي هذه المرحلة يكون معدل تكوين خلايا ميكروبية جديدة يساوى عدد الميكروبات التي تقتل ويظل العدد النهائي (N) للميكروبات ثابتا لفترة معينة ثم يقل بعدها . وسبب مرحلة الثبات هو في العادة استنزاف مواد النمو الموجودة في البيئة .

لهذا يمكن القول انه كلما قلت كمية الأعداد الميكروبية الموجودة في الغذاء كلما طالت مدة قابليته للحفظ . ويكون تأثير العدد الابتدائي على مدة حفظ الغذاء ملحوظاً كلما انخفضت درجة الحرارة نظرا لزيادة مدة (زمن) التضاعف للميكروبات .

ويمكن خفض العدد الابتدائي للميكروبات عن طريق عمليات الغسيل الجيد للمواد الخام الزراعية والفرز والنقل المبرد من الحقل للمصنع وإتباع نظم سلامة الغذاء في العمليات الزراعية والتخزين والنقل والتداول والتجهيز .

4/3/3 خفض رقم الـ pH للغذاء :

تقسيم الأغذية عموما من حيث الحموضة ورقم الـ pH إلى3 أقسام رئيسية:

1–أغذية متعادلة أو خفيفة الحموضة : وتقع رقم الـ pH لها بين 4.5 إلى 7 ومن أمثلتها اللحوم والأسماك والدواجن واللبن والبقوليات والبطاطس والجزر

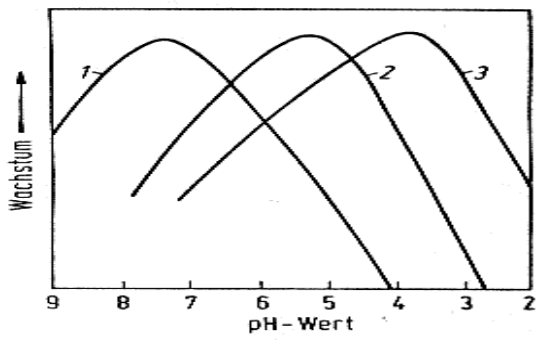
2–أغذية حامضية : ويكون رقم الـ pH لها 4.5 او اقل ومن أمثلتها التفاح والطماطم والبرتقال وعصائر الفاكهة .

3– أغذية شديدة الحموضة : ورقم الـ pH لها بين 2.5 إلى 3.5 ومن أمثلتها الليمون وبعض الثمار التوتية والكرنب المخلل .

ويمكن زيادة حموضة الغذاء وخفض رقم الـ pH عن طريق التحمض(إضافة حامض عضوي مثل اللاكتيك والخليك والستريك والماليك) أوعن طريق التخليل

وتفضل أغلب الأحياء الدقيقة البيئة المتعادلة لنموها ونشاطها إلا أنها تختلف عن بعضها كثيرا من حيث تأثرها بهذا العامل . ويؤدى خفض رقم الـ pH لبيئة الغذاء إلى توقف نمو البكتريا ماعدا بكتريا حمض اللاكتيك وبكتريا حمض الخليك التي يمكن أن تنمو حتى pH = 3.5.

وتفضل الخمائر والفطريات النمو في البيئة الحامضية وانسب pH لنموها يقع بين 4 إلى 5 . ويوضح الشكل رقم (3–5) حدود أرقام الـ pH لنمو كل من البكتريا والخميرة والفطريات ومنه نستخلص ما يلي :



شكل رقم 3–5: مجال الpH لنمو البكتريا (1) و الخمائر (2) والفطريات(3)

الفطريات : تنمو بين pH 1.5 + إلى 9 .

الخمائر : تنمو بين pH 2.5 إلى 8.5 .

البكتريا العصوية : تنمو بين pH 4.5 إلى 8.5 .

بكتريا حمض اللكتيك والخليك : تنمو بين pH 3 إلى 7 .

5/3/3 خفض قيمة المحتوى الرطوبى الاتزانى للغذاء:

تحصل الميكروبات على غذائها على حالة ذائبة لذلك فانه يتحتم وجود التركيز الكافي من الماء الحر في الغذاء لكي تقوم الميكروبات بعملياتها الحيوية الفسيولوجية . وليس مجرد وجود الرطوبة بصفة عامة هو العامل المؤثر على نشاط الكائنات الحية وفساد الأغذية وإنما العامل المهم هو وجود الرطوبة في صورة حرة (نشطة) بمعنى أن نشاط الماء الحر أو مدى فعالية هذا الماء هو العامل المحدد لمدى تأثر الكائن الحى برطوبة البيئة وهو ما يطلق عليها درجة النشاط المائي water activity ويؤدى خفض درجة النشاط المائي للغذاء (أى خفض قيمة المحتوى الرطوبي الاتزاني للغذاء) إلى التقليل من معدل النمو الميكروبى وبالتالي إلى إطالة مدة حفظ الغذاء دون فساد ميكروبى.

وقيمة المحتوى الرطوبى الاتزانى للغذاء ليست ثابتة وانما تتوقف على قيمة الرطوبة النسبية (درجة النشاط المائي a_w)للهواء المحيط. وليس المطلوب في جميع الحالات تخزين الغذاء في جو ذو رطوبة نسبية (درجة نشاط مائي) منخفضة لان الأغذية الطازجة عالية الرطوبة يمكن أن تفقد جزءاً من وزنها على هيئة بخار ماء يذهب إلى الهواء المحيط وبالتإلي يقل وزنها وتفقد جودتها الاستهلاكية، وإنما المهم هنا هو اختيار درجة النشاط المائي (الرطوبة النسبية) للهواء المحيط الملائمة للمحافظة على الجودة الميكروبية والاستهلاكية للغذاء سواء كان غذاءا طازجا او مجففاً . ويوضح الجدول رقم (3−1) درجة النشاط المائي a_w (الرطوبة النسبية للهواء المحيط) الملائمة للمحافظة على المحتوى الرطوبى الاتزانى الملائم لبعض الأغذية الطازجة والمصنعة والجافة.

جدول (3–1) درجة النشاط المائي الملائمة لتخزين بعض الأغذية:

المادة الغذائية	درجة النشاط المائي a_w (الرطوبة النسبية للهواء) الملائمة للحفاظ على المحتوى الرطوبى الاتزانى الملائم للغذاء
لحوم ، اسماك ، دواجن لبن	0.99
خضروفواكه طازجة،عصائر وبيض	0.97
خبر وجبن	0.96
مربى ومرملاد	0.82 إلى 0.94
لحوم مدخنة	0.91
دهون حيوانية وسجق نصف جاف	0.85
عسل النحل والملح	0.75
فواكه مجففة	0.70 – 0.55
بيض مجفف، بصل مجفف، بن جاف، عصير مركز	0.70

وفيما يلى جدول أخر (جدول 3–2) يبين اقل درجة نشاط مائي يتوقف عندها نمو بعض الأنواع المتباينة من الأحياء الدقيقة .

جدول (3–2): درجة النشاط المائي الملائمة لنمو بعض الميكروبات

نوع الكائن الحي	اقل درجة نشاط مائي (a_w) رطوبة نسبية % . للمواد لتوقف النشاط الميكروبى
Proteus,Pseudomonas, Flavobacterium	97 – 96
Microbacterium	95 – 94
Lactobacillus	96– 90
Mucor, Botrytis, Rhizopus	93
Saccharomyces	90
Candida, Torula	88
Penicillium	83–80
بكتريا تتحمل الملح	75
خميرة تتحمل تركيزات عالية من السكر	60
فطريات تتحمل السكر	65

ومن هذا الجدول يتضح أن معظم البكتريا المسببة لفساد الأغذية أو للتسمم الغذائي يتوقف نموها إذا انخفضت الرطوبة النسبية الاتزانية (درجة النشاط المائي للهواء المحيط) عن 90%(0.90) ما عدا بكتريا *staphylococcus aureus* التي يمكن ان تنمو حتى درجة نشاط مائي 86%.

كما يتوقف نمو الخميرة عند درجة نشاط مائي 88% بينما يستمر نشاط معظم الفطريات حتى درجة نشاط نشاط مائي 80% ، ويتوقف نشاط الفطريات المقاومة عند درجة نشاط مائي 75% وتتغير هذه القيم بتغير درجة الحرارة وقيم الـ pH للغذاء ومدى وفرة المواد اللازمة لنشاط الكائنات الحية به .

ويمكن خفض المحتوى الرطوبى الاتزانى للأغذية بإجراء عملية التجفيف أو بإضافة ملح (كلوريد الصوديوم) أو بإضافة سكر وبالتالي يمكن إطالة مدة حفظ الغذاء ومن أمثلة هذه الأغذية كل من اللحوم المملحة والفاكهة المسكرة .

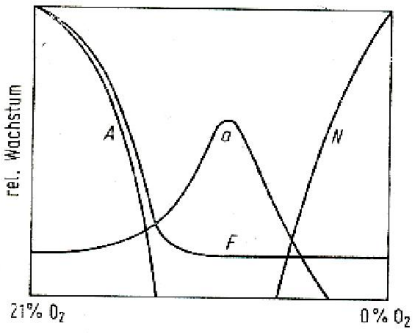
وتؤدى إضافة كل من الملح والسكر إلى رفع قيمة الضغط والاسموزى للغذاء مما يجعل الأحياء الدقيقة تتبلزم نظرا لان الماء الموجود بالغذاء لا يمكن استخدامه بواسطة الأحياء الدقيقة وبذلك تصبح بيئة الغذاء جافة فسيولوجيا بالإضافة للتأثير الميكروبى العامل لايون الكلور الناتج عن تأين الملح . وتعرف البكتريا المقاومة للملوحة باسم البكتريا الهالوفيلية *Halophilic bacteria* ويمكن أن تتحمل تركيزات ملح حتى 20%، ويتوقف ميكروب *clostridium botulinum* عن تكوين التوكسين إذا ارتفع تركيز الملح في الغذاء إلى 5.5 % كما يمكن استخدام أملاح نتريت الصوديوم sodium nitrit بتركيز 1% من ملح كلوريد الصوديوم لوقف نحو بكترى الكلوستريديوم ومنع تكوين التوكسينات. ونظرا لان التشريعات الغذائية لا تسمح بهذا التركيز من النتريت فيمكن استخدام 5% ملح + 100 جزء في المليون من النتريت ، وعند استخدام حمض السوربيك بتركيز 0.2% في محلول التمليح فانه يمكن خفض تركيز النتريت المستخدم إلى 50 جزء في المليون فقط .

وبالرغم من توقف النمو الميكروبى عند محتويات الرطوبة الاتزانية المنخفضة (اقل من 90%) إلا أن نشاط الانزيمات يمكن ان يستمر حتى لو كان الغذاء مجمداً حيث يمكن للإنزيمات المحللة للدهون Lipolytic enzymes أن تستمر في النشاط تحت هذه الظروف كما تم توضيحه فيما سبق.

6/3/3 التخزين في جو خالي من الأكسجين :

تحتاج جميع الفطريات والبكتريا الهوائية إلى الأكسجين اللازم لنموها. وتقليل او منع وجود الهواء أو الأكسجين في البيئة (الغذاء) يؤدى إلى التقليل من النشاط الضار لمثل هذه الأنواع من الأحياء الدقيقة وتحت ظروف شحة الأكسجين في البيئة يمكن أن تسود أنواع أخرى من الميكروبات مثل بكتريا حمض اللاكيتك وبكتريا الـ *Microbacterium* ، ويوضح الشكل رقم (3-6) انه يمكن تقسيم

الأحياء الدقيقة إلى 4 مجاميع من حيث احتياجها للأكسجين وحدود تركيزاته في الجو إلغازي المحيط (من صفر إلى 21%) اللازمة لنموها.



شكل (3–6): تركيزات الأكسجين اللازمة لنمو الميكروبات.

ومن الشكل يتضح أن :
المجموعة (A) هوائية حتما وينخفض معدل نموها إذا انخفض تركيز الأكسجين في الجو إلغازي المحيط عن 14% ولكن جراثيمها تمتنع تماما عن النمو إذا قل تركيز الأكسجين عن 0.1 %. ويتبع هذه المجموعة معظم الميكروبات الهوائية المسببة لفساد الأغذية مثل : *Bacillus – Achromobacter – Pseudomonas* ، وفطريات العفن. لذلك تنمو هذا الميكروبات سطحيا ويمكن وقف نشاط هذه المجموعة بتعبئة الغذاء تحت تفريغ ، وتتوقف الفطريات عن إفراز الافلاتوكسينات السامة عند انخفاض تركيز الأكسجين عن 1% .

–المجموعة (N) : وهى مجموعة الميكروبات اللاهوائية حتما وتصل إلى أقصى معدل للنمو عند انخفاض تركيز الأكسجين في الوسط الغازي إلى صفر % ، وينعدم تمأما إذا وصل تركيز الأكسجين في الوسط البيئي إلى 6%. وينتمي ميكروب بكتريا الـ *Clostridium* لهذه المجموعة ويمكن أن يتواجد في عمق طبقات قطع اللحم أو الجبن حيث تسود ظروف لا هوائية يمكن أن تسمح بنموه. لذلك لابد من حفظ هذه المواد بالتبريد في الثلاجات حتى لو كانت معبأة تحت تفريغ في عبوات غير منفذة للأكسجين .

–المجموعة (F) : وهى مجموعة الميكروبات (والجراثيم) اللاهوائية اختياراً والتي يمكن أن تنمو سواء في وجود أو في غياب الأكسجين حيث تنمو بمعدل منخفض بين تركز أكسجين من صفر % إلى 10% ثم يزداد معدل نموها مع زيادة تركيز الأكسجين عن ذلك . ويتبع هذه المجموعة البكتريا السامة من نوع *staphylococus aureas* والسالمونيلا والخمائر التي يمكن أن تتحول إلى نشاط التخمر الكحولى عند غياب الأكسجين .

–المجموعة (O) هى مجموعة الميكروبات شحيحة الاحتياج للأكسجين (*microaerophils*) والتي يصل أقصى معدل لنموها عند وجود نسب متوسطة

من الأكسجين وينخفض معدل النمو إذا زاد أو قل تركيز الأكسجين ومن أمثلة هذه المجموعة بكتريا حمض اللاكتيك .

وعند تخزين اللحوم الطازجة في الثلاجات (دون تجميد) في وجود الهواء فان بكتريا *Pseudomonas* تنمو وتسبب فساد اللحم ، أما إذا تم تعبئة اللحم الطازج في عبوات مفرغة قبل التخزين أو في عبوات تحتوى على وسط غازى بديل مثل ك أ$_2$ فانه لا يحدث فساد للحم وانما تنمو فقط بعض بكتريا حمض اللاكتيك الغير ضارة والتي يمكن ان تتحمل تركيزات ثاني أكسيد الكربون.

تذكر

1- ينشأ الفساد الميكروبى للأغذية نتيجة لنشاط الأحياء الدقيقة الملوثة للغذاء والأساس في حفظ الأغذية هو وقف نمو هذه الأحياء الدقيقة أو القضاء عليها.

2- تعتبر البكتيريا المكونة للجراثيم من أخطر المسببات للتسمم الغذائي و أهمها أجناس *Clostridium perfringens* ، *Clostridium botulinum*، *bacillus cereus*

كما أن جراثيمها مقاومة جدا للحرارة و تمكنها من النمو بعد ذلك في البيئات الغذائية و تتحول إلى خلايا بكتيرية خضرية نشطة.

3 – يعطى عدم وجود البكتريا السالبة اصبغة جرام في الغذاء مؤشر للحالة الصحية للمنتج.

4- تعتبر الجراثيم اللأسكية للخمائر غير مقاومة للحرارة وتقتل عند درجة حرارة 60° م

5 – بعض الخمائر تسبب فساد للأغذية مثل:

Zygosaccaromyces و تسبب فساد للأغذية السكرية

Pichia, Mycoderma و تسبب فساد المخللات

Debaromyces و تسبب فساد اللحوم المملحة و المجففة و المخللات.

6 – تسبب فطريات الأسبرجلس و البنسيليوم عفن للخبز و كثير من الأغذية وتكون جراثيم كونيدية أو اسكية غير مقاومة للحرارة و لكنها تقاوم تأثير الأشعة فوق البنفسجية.

7 – تعتبر نواتج التمثيل الغذائي لبعض الفطريات مثل *Aspergillus flavus* سامة جدا للإنسان لأنها تكون ميكوتوكسينات خطرة مثل الأفلاتوكسينات،

توكسين فيواريوم، أوكراتوكسين ب و تتراوح أقصى حدود مسموح بها للميكوتوكسينات في الغذاء بين 0.1 إلى 1 ميكروجرام/ لكل كيلوجرام من الغذاء.

8- تفسد الأغذية ذات رقم ال pH المتوسط (pH =7) مثل اللحوم و الأسماك و اللبن و البيض أساسا بواسطة البكتريا مثل بكتريا *Pseudomonas*، *Streptococcus*، *Alcaligens* و بكتريا القولون ، أما العصائر فإنها تفسد أساسا بواسطة الخمائر.

9 – يجب التفريق بين نوعين من التسمم الغذائي الميكروبى و هما:

أ- التسمم الغذائي الناشئ عن توكسينات تفرز في الغذاء قبل تناوله.

ب –التسمم الغذائي المرضى الناشئ عن تناول غذاء ملوث بالميكروبات التي تبدأ في فرز التوكسينات المرضية لها في الجهاز الهضمي للإنسان بعد تناوله الغذاء مثل السالمونيلا و التيفود، و تتوقف شدة الحالة المرضية لها مع نوع الميكروب و عدد خلاياه الموجودة بالغذاء وعلى الحالة الصحية للإنسان. و تتوقف المدة اللازمة لوصول الميكروب إلى العدد الخطر على نوع الميكروب و تتراوح من 1 ساعة إلى عدة أسابيع.

10- يمكن أن يتلوث الغذاء الطازج بالميكروبات المكونة للتوكسينات أثناء عمليات الإنتاج الحقلية و المزرعية أو إذا تناول الحيوان عليقة تحتوى على أكثر من 10 ميكروجرام توكسين/كجم عليقة. أو أثناء عمليات الذبح والتشفية أو إذا كانت الأحشاء الداخلية للحيوان ملوثة بهذا الميكروب.كما يمكن أن يحدث التلوث نتيجة لعدم توفر الاشتراطات الصحية للعمال القائمين بعمليات التجهيز والإنتاج و التداول. كما يمكن لأسماك المزارع و الخضر وات الورقية أن تتلوث من المياه غير النظيفة المستخدمة بها.

11 – بعض الفطريات نافعة و تستخدم في الإنتاج الصناعي و في تسوية الجبن.

12 – تنشأ التسممات و التلوثات من الأغذية المعاملة حراريا لسببين رئيسيين هما:-

- عدم كفاية المعاملة الحرارية
- إعادة تلوث الأغذية المعاملة بالحرارة

13 – تحدث معاملة الطهي صدمة حرارية للجراثيم الميكروبية المقاومة للحرارة و تشجع هذه الصدمة الحرارية إنبات الجراثيم إلى خلايا ميكروبية حية (خضرية) جديدة.

14 – تتعرض الأغذية المعقمة و المعاملة حراريا للتلوث الميكروبي بميكروبات السالمونيلا والإستاف و الكلوستريديوم و بكتريا القولون إذا لم تراعى الاشتراطات الصحية في تخزينها و تداولها و تسبب حالات تسمم غذائي.

15- يمكن أن تسبب عملية صهر الأغذية المجمدة إعادة تلوث الغذاء خصوصا إذا تم الصهر في ماء ملوث أو تستغرق مدة طويلة.

16 – يمكن التغلب على الفساد الميكروبي للأغذية بالطرق التالية:

- استخدام المواد الحافظة
- تأثير درجة الحرارة حيث تبدأ الأحياء الدقيقة في الموت بسرعة على درجة الحرارة التي تزيد على الدرجة القصوى لنموها و ذلك لزيادة معدلات الهدم البنائى عن معدلات البناء.
- خفض الحمل و العدد في الميكروبى الابتدائي
- خفض رقم الـpH للغذاء
- خفض قيمة المحتوى الطوبى الإتزانى للغذاء (درجة النشاط المائي)
- التخزين في جو خالي من الأكسجين

الباب الرابع
حفظ الأغذية باستخدام درجات الحرارة المنخفضة
الفصل الأول حفظ الأغذية بالتبريد

1/1/4مقدمة :

التبريد هو وحدة العمل التي يتم فيها خفض درجة حرارة المادة الغذائية إلى ما بين -1م ، 8 م ، وتستخدم الحرارة المنخفضة كوسيلة لحفظ الأغذية وذلك عن طريق تأخير حدوث التغيرات الغير مرغوب فيها سواء كانت تغيرات كيماوية أو أنزيمية كما تعمل على إبطاء أو وقف نمو ونشاط الميكروبات الموجودة بالأغذية . فمن المعروف أن سرعة التفاعلات الكيماوية معظمها تتأثر بدرجة الحرارة فكلما تم خفض درجة الحرارة تقل سرعة تلك التفاعلات . ونظراً لأن فساد الأغذية عادة ما يكون ناتج عن تفاعلات كيماوية ناتجة من نشاط الميكروبات والأنزيمات الداخلية بالغذاء فإنه يمكن زيادة فترة تخزين وصلاحية الغذاء للأستهلاك عن طريق حفظها على درجات حرارة منخفضة . وعادة ما تستخدم عملية التبريد كوسيلة مساعدة مع إحدى عمليات الحفظ البسيطة مثل البسترة والتخمر والإشعاع والتشميع .

والأغذية المبردة chilled foods هي تلك الأغذية المحفوظة على درجة صفر إلى 5م ولكن أعلى من درجة تجمدها . وفي السنين الحديثة زاد الإهتمام بحفظ الأغذية بالتبريد وخاصة اللحوم والأسماك ومنتجات الألبان بالإضافة إلى نوعية جيدة من تلك الأغذية مثل الوجبات الكاملة وأنواع عديدة من السلاطات .

ويعتمد نجاح إمداد المستهلك بالأغذية المبردة بدرجة كبيرة على مدى تكامل نظام التوزيع فيما يعرف بسلسلة التبريد (Cooling chain) والتى تشمل كل من المخازن المبردة ووسائل النقل وخزائن العرض المبردة .

ويؤدى تخزين الأغذية بالتبريد إلى تغير كل من طبيعة الفساد ومعدل حدوثه . حيث يؤدى إنخفاض درجة الحرارة إلي منع نمو الميكروبات المحبة لدرجة الحرارة المتوسطة وتسود الميكروبات المحبة للبرودة ولكن لا توجد ميكروبات مرضية محبة للبرودة .

وحيث أن الحفظ بالتبريد لا يعتبر طريقة قاتلة للميكروبات فإن إستخدام مواد خام ذات جودة ميكروبيولوجية مرتفعة وتداول صحي لتلك الأغذية يعتبر هو المفتاح الأساسي لإنتاج أغذية مبردة أمنة للإستهلاك . وجدير بالذكر أن الخضروات والفاكهة تحتاج إلي ظروف خاصة وعناية كبيرة عند حفظها بالتبريد مقارنة بالمحاصيل الأخرى مثل الحبوب والبقوليات .

2/1/4 الإشتراطات والمواصفات الفنية لآلات ومنشآت التبريد :-

1/2/1/4 الوسائل المستخدمة في خفض درجات حرارة الأغذية :

1/1/2/1/4 التبريد الطبيعي (النظم المفتوحة للتبريد)

أ-إستخدام الثلج العادي .

يستخدم الثلج كوسيلة تبريد عند درجات حرارة إنصهاره ، والتي تبلغ حوالي الصفر المئوي . وتقدر الحرارة الكامنة اللازمة لإنصهار كيلو جرام واحد من الثلج العادي 79.9 كيلوا كالورى . ويستخدم الثلج في التبريد عندما يراد إحداث التبريد علي فترات قصيرة أو في حالة بعد المكان المراد إجراء التبريد به عن أماكن توليد الطاقة الكهربائية . وفي بعض الأحيان يحدث تبريد المادة نتيجة للتلامس المباشر بين المادة الغذائية والثلج لذلك يجب أن يكون سطح التلامس بينهما كبير حتى يحدث التبريد بشكل متجانس ولذلك يلجأ إلي تكسير وجرش الثلج .وغالبا لا يمكن عن طريق إستخدام الثلج وحده الوصول إلي أقل من صفر م إلي 4 م . ولذلك فإنه لا يوفي بإغراض التبريد لمدة طويلة نسبيا هذا إلى جانب الحاجة إلى التخلص من الماء الناتج من إنصهار الثلج وإعتبار الثلج نفسه أحد مصادر تلوث الأغذية . لذلك فإن هذه الوسيلة لا تفي بأغراض التبريد التجاري إلا أنها لا زالت تستخدم في بعض الحالات المحدودة في تبريد الفاكهة والخضروات لإمتصاص حرارة الحقل وكذلك في تبريد اللحوم والأسماك للتخلص من الحرارة المتبقية فيها .

ب-إستخدام المخاليط المبردة .

ومن أهمها إستخدام مخلوط الثلج والملح خاصة في الصورة المجروشة. وتعتمد قدرة المخلوط في التبريد على النسبة المئوية للملح في المخلوط . حيث أنه من المعروف طبيعيا أنه كلما زادت نسبة الملح بالنسبة للثلج كلما أمكن الوصول إلى درجات حرارة أكثر إنخفاضا . فمثلا درجة حرارة تجمد الثلج النقى صفرْ م تصل إلي – 11.7 م في حالة إرتفاع نسبة الملح في المخلوط إلي 15% .

ج-إستخدام الثلج الجاف (ثلج ثاني أكسيد الكربون) Dry ice

الثلج الجاف: هو إصطلاح يطلق علي غاز ثاني أكسيد الكربون بعد إسالته وتحويله إلي ثلج في أجهزة تجميد خاصة تعمل تحت ضغط مرتفع (أعلي من 5 بار) ودرجة حرارة منخفضة جداً (– 80 م) . ويستخدم الثلج الناتج منه على هيئة قوالب أو في صورة مجروش .

ويحدث التبريد بإمتصاص الثلج الجاف للحرارة من المواد المراد تبريدها ويتحول الثلج الجاف (تحت ظروف الضغط الجوي العادي) من الحالة الصلبة (عند درجة حرارة – 78 م) إلي الحالة الغازية مباشرة بدون المرور على الحالة السائلة فلا يترك آثار من الماء كما يحدث عند إستعمال الثلج العادي (ثلج الماء

) . وقدرت الحرارة الكامنة اللازمة لتحويل كيلو جرام واحد من الثلج الجاف بحوالي 137كيلوا كالوري وهي أعلى بمقدار 1.7 مرة من كمية الحرارة التى يمتصها واحد كجم من ثلج الماء العادي . ويستخدم الثلج الجاف بصفة خاصة في نقل الخضر والفاكهة بالسيارات أو بعربات السكك الحديدية إذ أن وزنه خفيف ولا يترك أثر للماء ولا يتفاعل مع جدران السيارات كما أنه عديم الرائحة وغير قابل للإشتعال . كما أن غاز ك أ$_2$ المتصاعد يقلل من عمليات التنفس للثمار وبالتالي من الحرارة المتولدة عن التنفس .

كما يستخدم الثلج الجاف في بعض الصناعات ففي صناعة سجق اللحم يخلط اللحم مع مبشور الثلج الجاف أثناء عملية الفرم فيمتص الحرارة الناشئة عن عملية الفرم دون أن تسخن المادة الغذائية . وفي عملية طحن الحبوب يستخدم الثلج الجاف لخفض مستوي الغبار الناشىء عن الطحن مما يقلل من أخطار الحريق في المطاحن ويحسن من صافي عملية الطحن . وفي صناعة المنتجات المثلجة العديدة الطبقات فإنه يتم تعبئة الطبقة الأولي ثم يتم تبريد وتجميد سطحها فورا بإستخدام الثلج الجاف ثم تضاف الطبقة الثانية بعدها مباشرة دون إنتظار وقت طويل ليجمد سطح الطبقة الأولى مما يسهل من زيادة الإنتاج وتحويله إلى طريقة تصنيع مستمرة .

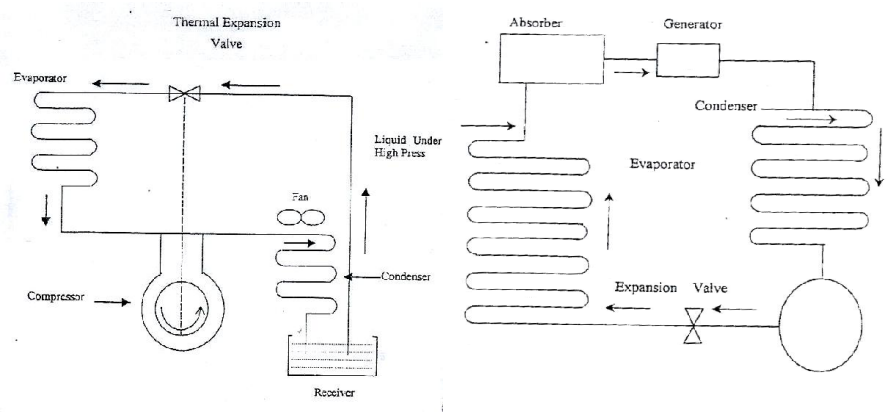
والعائق الوحيد لإستخدام الثلج الجاف في غرف التبريد هو درجة سميته بالنسبة للإنسان حيث يجب أن لا يزيد تركيز ك أ$_2$ عن 0.5% حجما

2/1/2/1/4 التبريد الصناعي (النظم المغلقة للتبريد)

الأساس فيه هو إستغلال الحرارة الكامنة للسوائل المتطايرة والتي تمتص عند تبخيرها جزءا من حرارة الوسط المحيط بها . ويختلف مقدار هذا الجزء بإختلاف كمية الحرارة الكامنة لهذه السوائل. ولكي تكون عملية التبريد إقتصادية فإنه يلزم تحويل السوائل بعد تطايرها إلى الحالة السائلة حتى يمكن إستخدامها مرة أخري ويستلزم ذلك ملامستها لجسم درجة حرارته أقل من درجة حرارة تبخرهذه السوائل ويمكن الوصول إلي ذلك بمعرفة خواص السوائل الثرموديناميكية فنجد أنه عند إرتفاع الضغط الواقع على السائل ترتفع درجة حرارة تكثفه عن درجة حرارة الجو المحيط به وينتج عن ذلك التخلص من الحرارة الكامنة به وتكثفه إلى سائل تحت ضغط مرتفع وهناك نظامان رئيسيان للتبريد الصناعي وهي التبريد الصناعي بالإمتصاص (شكل 4-1- أ) ، التبريد الصناعي بالضغط (شكل4-1- ب). وتستخدم آلة التبريد بالإمتصاص في الفنادق وغرف المستشفيات والمكاتب والثلاجات الصغيرة لأنها عديمة الصوت لعدم إحتوائها على أجهزة ميكانيكية .

بينما تستخدم آلة التبريد الصناعي بالضغط في ثلاجات الحفظ المنزلية والثلاجات التجارية الكبيرة وفي أجهزة التجميد

(ب) (أ)



شكل 4-1:ألة التبريد الصناعي بالأمتصاص (أ) و بالضغط(ب)

وتتكون آلة التبريد الصناعي بالإمتصاص من الأجزاء التالية :-

1-المبخر Evaporator وهو عبارة عن ملف من المواسير تتواجد داخل غرفة التبريد (الثلاجة)أو الحيز المطلوب تبريده وعند مرور مائع(وسيط) التبريد خلال هذه الأنابيب يمتص حرارة من داخل غرفة التبريد (وبالتالي تبرد المادة الغذائية الموجودة داخل الثلاجة ويتحول وسيط التبريد نتيجة لإمتصاص الحرارة) من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية ،

2-إسطوانة الإمتصاص (Absorber) وهي تحتوى على سائل (غالبا ما يكون الماء) وتوجد خارج غرفة التبريد ووظيفتها إمتصاص غاز مائع التبريد الخارج من أنابيب المبخر وإسالته ومزجه مع السائل الموجود بداخلها(وهي تعتبر الخطوة الأولي في عملية تدوير وإعادة إستخدام مائع التبريد (وسيط التبريد).

3-المولد (Generator) وهو عبارة عن أسطوانة بها ملف تسخين وظيفتها سحب كميات متتالية من مزيج السائل الموجود فى أسطوانة الإمتصاص وتسخين المزيج فيتبخر وسيط التبريد ويتحول إلى غاز ساخن وبالتالي ينفصل المزيج إلى قسمين : قسم غازى ساخن (وسيط التبريد) وقسم سائل.

4-المكثف (Condenser) وهو عبارة عن ملفات أنبوبة وظيفتها إستقبال الغاز الساخن (وسيط التبريد) الخارج من المولد ، ويتم تبريد هذه الأنابيب من الخارج بالماء (أو الهواء) فيفقد الغاز الساخن بداخلها حرارته ويتكثف ويتحول مرة

أخري إلى الحالة السائلة . وفي نهاية أنابيب المكثف توجد أسطوانة لتجميع مائع التبريد المكثف .

5-الصمام (Valve) ووظيفته السماح بمرور كمية من سائل مائع التبريد من أسطوانة التجميع ودفعها للمرور داخل أنابيب المبخر ليبدأ المائع دورة تبريد جديدة وتتوقف الكمية التي يسمح بها الصمام على حسب إحتياج الثلاجة للتبريد .

ونظرا لعدم وجود أجزاء حركة ميكانيكية في هذه الآلة فإن الثلاجات التى تعمل بدورة الإمتصاص تكون عادة عديمة الصوت .

أما آلة التبريد الصناعي بالضغط فهي تتكون من جميع الأجزاء السابق ذكرها ماعدا أسطوانة الإمتصاص والمولد حيث يحل محلها مكبس (ضاغط) يدور بواسطة موتور حركة كهربائي ، ووظيفة الضاغط هي سحب مائع التبريد (البارد) من نهاية أنابيب المبخر وكبسة (مع تقليل حجمه ورفع درجة حرارته) إلى المكثف حيث يتكثف ويتحول مرة أخري إلى الصورة السائلة كما سبق شرحه .

ونظرا لأن أهم الواجبات المطلوبة من آله التبريد الميكانيكية هو المحافظة على درجة حرارة غرفة التبريد فإنه يجب التحكم الآلي في ميكانيكية عملها . وينتمى لعمليات التحكم الآلي كل من أجهزة التحكم والقفل والفتح وأجهزة الأمان في التشغيل . كذلك لا بد أن تزود آلة التبريد الميكانيكية بأجهزة وأدوات للتحكم في العناصر التالية :-

1-تنظيم درجة الحرارة داخل غرفة التبريد .

2-تنظيم معدل سريان مياه التبريد للمكثف .

3-تأمين آلة التبريد عند زيادة الضغط في كل من المبخر والمكثف .

4-حماية موتور تشغيل الضاغط .

5-صهر الثلج المتكون على أنابيب المبخر أتوماتيكيا .

6-تنظيم معدل سريان مائع (سائل) التبريد لأنابيب المبخر .

7-إسترجاع آلي للزيت العالق مع مائع التبريد .

ويستخدم لإتمام عملية التحكم الآلي بعض عناصر التنظيم مثل الصمامات والمحابس المغناطيسية ومنظم ضغط السحب ومجففات مائع التبريد لإمتصاص أى رطوبة عالقة به .

3/1/2/1/4 أنواع السوائل (الموائع) المبردة Refrigerants

وهي السوائل التى تتبخر عند تقليل الضغط الواقع عليها وهي متعددة الأنواع وتشمل السوائل الشائعة الإستعمال ما يأتي :

الفريون بجميع مركباتة (فريون 11 ، 12 ، 21 ، 22 ، 113 ، 114) وقد ثبت أن غازات الفريون بأنواعها تتفاعل مع طبقة الأوزون في الغلاف الخارجي للكرة الأرضية مما يسبب ما عرف بثقب الأوزون . لذلك إتجهت الأبحاث والتشريعات الحديثة إلى الحد من إستخدامها وإنتاج سوائل مبردة أخرى لا تؤثر على طبقة الأوزون مثل تترافلورويثان وأسمه التجاري Reclin 134A. كما تستخدم في المنشآت الكبري مركبات

–النشادر –كلوريدالميثل –ثاني أكسيد الكبريت
–ثاني أكسيد الكربون –البيوتان –النيتروجين

ويشترط في السوائل المبردة ما يأتي :–

أ–خواص كيماوية وتشمل :

- ثبات التركيب الكيماوي.
- عدم تفاعلها مع المعادن المستخدمة في آلة التبريد وكذلك مع الهواء.
- عدم قابليتها للإشتعال أو الإنفجار .

ب–خواص طبيعية وتشمل :

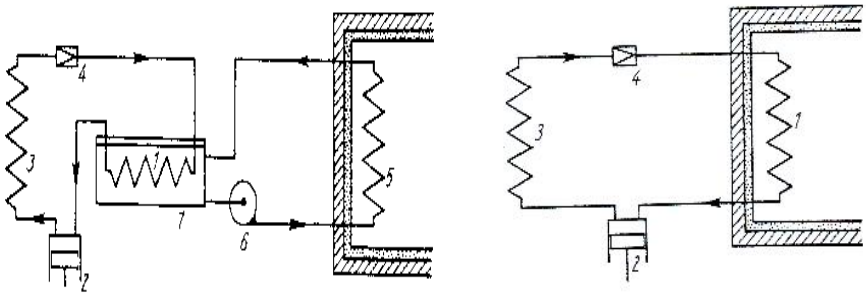
- إرتفاع الحرارة الكامنة للتبخر وبذلك يمكن التقليل من كمية سائل التبريد اللازمة لتشغيل آلة التبريد .
- يجب أن يكون ضغط السائل في جهاز المبخر أعلى من واحد (1) ضغط جوي حتى لا يتسرب هواء خارجي إلى داخل المكابس (الضواغط) ويقلل من كفاءة التبريد .
- يجب أن يكون ضغط المكثف ودرجة حرارته ليس عاليا حتى يمكن تكثيف بخار مائع التبريد وتحويله للحالة السائلة مرة أخري .
- أن تكون لزوجة سائل التبريد منخفضة ولا يختلط بزيوت التشحيم في المكبس (الضاغط) .
- أن تكون ذات حجم نوعي صغير (كثافتها عالية) .
- عديمة السمية . –لا تؤثر بالضرر على المادة الغذائية المخزن

–عدم حساسيتها لأجهزة التنفس للإنسان

–سهولة إكتشاف مواضع تسربها .

2/2/1/4 طرق التبريد :

تنقسم طرق التبريد تبعا لطريقة مرور السائل المبرد وطريقة إستخدامه داخل غرف التبريد إلى الطريقتين التاليتين كما هو موضح بالشكل رقم (4–2):



شكل رقم 4-2: طرق التبريد المباشر (أ) والغير مباشر (ب)

أ-التبريد المباشر : وفي هذه الطريقة يمر السائل المبرد داخل ملفات المبخر الذي يوجد داخل المكان المراد تبريده ويتبخر السائل نتيجة إمتصاصه الحرارة مباشرة من الجو المحيط بالمواد الغذائية المراد تبريدها .

ب-التبريد غير المباشر : فيها يستخدم وسيط مبرد مثل المحلول الملحي وأهمها كلوريد الصوديوم أو كلوريد الكالسيوم حيث يبرد هذا المحلول أولا بملامسته لأنابيب المبخر وذلك في خزانات إحتياطية ثم ينقل بواسطة طلمبات خاصة إلى غرف التبريد التي يوجد بها المواد المراد تبريدها .

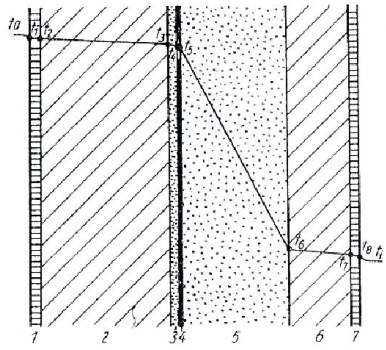
وفي كلتا الحالتين تركب مروحة على أنابيب المبخر أو في مكان قريبة منه داخل غرفة التبريد وذلك لسحب الهواء الموجود بالغرفة للمرور على أنابيب المبخر الباردة ثم دفعه مرة أخرى داخل غرفة التبريد للمحافظة على درجة حرارة الهواء ثابتة تقريبا على الدرجة المطلوبة داخل الغرفة. ولرفع معدل إمتصاص الحرارة من المادة الغذائية المطلوب تبريدها توضع ستائر مطاطية شريطية بإرتفاع الغرفة بالداخل أمام باب الثلاجة لمنع تسرب الهواء البارد من داخلها أثناء الفتح والغلق .

3/2/1/4 الإشتراطات الفنية لمباني الثلاجات :

وظيفة مبني الثلاجة هو المحافظة على وسط جوي بارد داخل حيز الثلاجة ومعزول عن الوسط الجوي الخارجي المحيط مما يسمح بتبريد المواد الغذائية والمحافظة على جودتها لمدة أطول . وهذا الوسط الجوي البارد يتم التوصل إليه عن طريق مواصفات خاصة بمبني الثلاجة وعن طريق استخدام آلة تبريد ميكانيكية . ولقد سبق الحديث عن أنواع آلات التبريد المستخدمة . أما في هذا الفصل فسوف يتم التركيز على الإشتراطات الفنية لمباني الثلاجات.

1/3/2/1/4 أسس العزل الحرارى لغرف التبريد :-

لا بد من العزل الجيد لكل من جدران وسقف وأرضية وأبواب غرفة التبريد للمحافظة على الوسط البارد الداخلي وتقليل تسرب الحرارة من الجو الخارجي المحيط إلي داخل غرفة التبريد والتي تؤدي بالتالي إلي تذبذب درجة الحرارة داخل غرفة التبريد مما يؤثر سلباً على جودة المادة الغذائية المخزنة. ويوضح الشكل رقم (4-3) نموذجا لتدرج درجات الحرارة من الجو الخارجي (ذو درجة الحرارة المرتفعة) إلي الوسط الداخلى للثلاجة (ذو درجة الحرارة المنخفضة) ودور المادة العازلة في إمتصاص الجزء الأكبر من الحرارة النافذة وإحداث هبوط حاد في تدرج درجات الحرارة .



شكل رقم 4-3: نموذج لتدرج درجات الحرارة خلال جدار ثلاجة

2،1 طبقات الجدر الخارجية

3، 4 طبقات مانعة لنفاذ الرطوبة

5 طبقة العزل الحراري

7،6 طبقات الجدر الداخلية

وأهم المواد العازلة هي :

الفلين والصوف الخارجي ومادة البولي سيترول الأسفنجية والبولي يوريثان والخشب والسيلوتكس . كما يمكن إستخدام التفريغ التام بإزالة الهواء المحصور في الفراغ بين الجدر أو إستخدام الهواء الساكن still air (كما في مواد العزل الأسفنجية) بين الجدر المزدوجة لغرف التبريد .

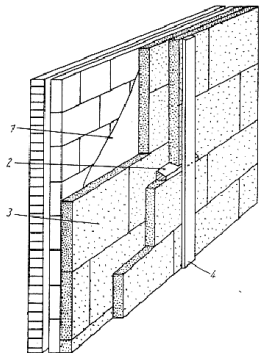
ويتوقف سمك المادة العازلة المستخدمة على كل من خواصها الحرارية ومدي قدرتها علي توصيل (مقاومة) إنتقال الحرارة وعلى الظروف الخارجية المحيطة بمبني الثلاجة وعلى درجة الحرارة المطلوبة داخل الثلاجة. فإذا كانت درجة الحرارة داخل الثلاجة (5° م الى + 10° م) يكون سمك المادة العازلة المطلوبة حوالي 12 سم و إذا كانت درجة الحرارة داخل الثلاجة من -10°م إلى – 20°م (ثلاجة تجميد) فإن سمك المادة العازلة يصل إلي 24 سم . ويزداد سمك المادة العازلة عن ذلك إذا كان مبني الثلاجة معرضا لأشعة الشمس أو لتيارات هواء خارجية شديدة .

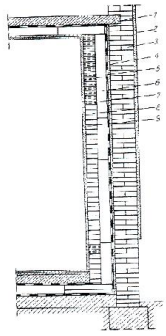
بالأضافة للمادة العازلة يجب أن توضع طبقة في جدار الثلاجة لمنع تسرب الرطوبة من جو الهواء الخارجي إلي داخل الثلاجة حيث تؤدي الرطوبة النافذة إلى تدهور صفات المادة العازلة وغالبا ما تكون هذه الطبقة عبارة عن ألواح كرتون مقوى مشبعة بالقطران .

وعموما يشترط في المادة العازلة المستخدمة ما يلي :-

- رخص ثمنها حتى يمكن استخدامها تجارياً بطريقة اقتصادية
- رديئة التوصيل للحرارة وتسمى المواد بالعازلة للحرارة اذا كانت قيمة معامل التوصيل الحرارى لها أقل من0.7 كيلوجول/ م ساعة مْ
- عديمة الرائحة حتى لا تكتسب المواد المراد تخزينها وخصوصا المواد الغذائية رائحة غير مرغوبة .
- لها مناعة طبيعية ضد القوارض والحشرات .
- لا تكون لها قابلية لامتصاص الرطوبة حتى لا تفقد صفتها كمادة عازلة .

ويوضح الشكل رقم (4-4) قطاعات فى كيفية عزل كل من جدران غرفة التبريد بقوالب المطاط أو بمادة اليوريثان الاسفنجية .





شكل (4-4):
(أ) قطاع في جدار ثلاجة معزول لمادة البولي يوريثان
(ب)قطاع في جدار ثلاجة معزولة بألواح المطاط

(ب) (أ)

2/3/2/1/4 تخطيط المبنى والترتيب الداخلى لثلاجات حفظ الاغذية بالتبريد:

يوجد نوعان رئيسين من مبانى الثلاجات وهى :

أ-الثلاجات الراسية المكونة من عدة طوابق وهى تحتاج لمساحة ارض اقل لانشائها ولكن تحتاج لوسائل نقل وتداول كثيرة داخلها لادخال واخراج المواد الغذائية ولذلك لا يفضل هذا النوع من مبانى الثلاجات .

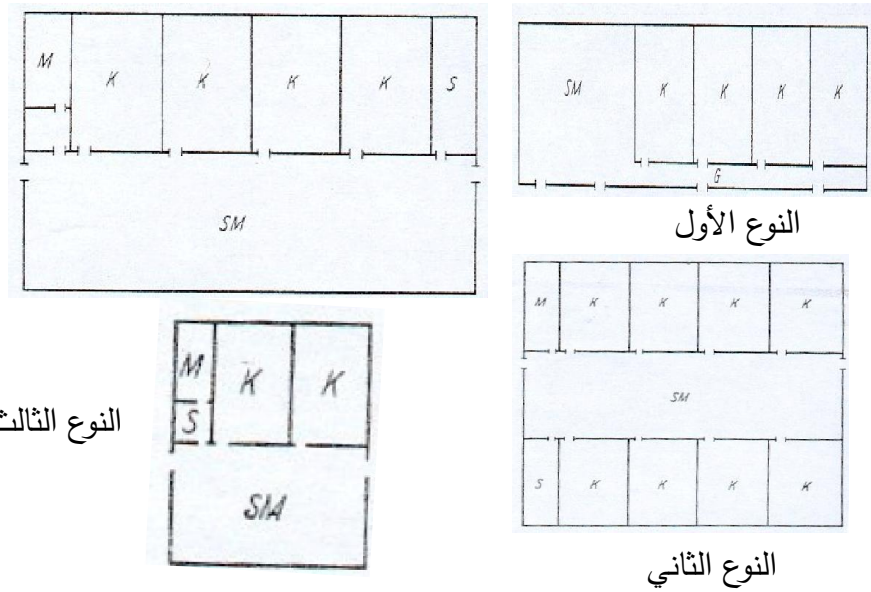
ب-الثلاجات الافقية وهى عبارة عن دور واحد للتخزين المبرد للمواد الغذائية ولذلك فهى شائعة الاستخدام لسهولة تداول ونقل المواد الغذائية بداخلها ويوجد منها ثلاثة انواع اساسية بالنسبة للترتيب الداخلى لغرف التبريد .

1- فى النوع الأول تتواجد جميع غرف التبريد داخل مبنى الثلاجة فى جهة واحدة تربطهما جميعها طرقة واحدة ضيقة لتحميل وتفريغ المواد الغذائية .

2-فى النوع الثانى توجد الطرقة فى المنتصف وترتب غرف التبريد على جانبى الطرقة . وفى نهاية الطرقة توجد دائما صالة الاعداد والتجهيز والفرز .

3-فى النوع الثالث يتم الاستغناء عن الطرقة بحيث ترتبط جميع غرف التبريد مباشرة بصالة الاعداد والتجهيز والفرز والتى تكون مساحتها كبيرة نوعا ما وتبلغ نسبة مساحة هذه الصالة مقارنة بمساحة غرف التبريد 1 :1 الى 1:2.

ويوضح الشكل رقم (4-5) نماذج للترتيب الداخلى لغرف الثلاجات .



شكل (4-5): نماذج للترتيب الداخلي لغرف الثلاجات

ويتوقف إختيار المخطط المناسب على أنواع المواد الغذائية المطلوب حفظها بالتبريد وعلى مدي ضرورة الفصل بينهما أثناء التخزين وعلى وظيفة الصالة الملحقة هل هي فقط للفرز والإعداد والتجهيز أم يمكن إستخدامها للتخزين المؤقت على درجة حرارة أعلى قليلا من درجات الحرارة داخل غرفة التبريد (خصوصا عندما يكون موقع الصالة وسط غرف التبريد) .

وتبلغ مساحة غرفة التبريد الواحد من 100 م^2 إلى 400م^2 والأفضل أن تكون في حدود 200 م^2 وإذا زادت مساحة الغرفة عن 400م^2 فإنه يصعب ضبط

درجة الحرارة والرطوبة النسبية – خصوصا إذا تعددت مرات فتح وغلق الغرفة لتحميل المواد الغذائية مما يعرض المنتج لتغيرات فسيولوجية غير مرغوبة .

ويصل إرتفاع غرفة التبريد إلى 5م طبقا لقدرة أنواع والفاكهة والمواد الغذائية على تحمل ضغوط التحميل .

ويعرف **معامل التحميل** . بأنه وزن المادة بالطن التي يمكن تحميلها على كل متر مربع من مساحة أرضية الغرفة ، وتتراوح قيمة هذا المعامل :

0.65 –0.7 طن / م2 في حالة التخزين الطويل على بالتات ،

0.45 – 0.5 طن / م2 في حالة تخزين عدة أصناف مشتركة .

أما **معدل التحميل** فيعرف على أنه أقصي كمية مادة غذائية يمكن تخزينها لكل 1م3 من حجم غرفة التبريد (طول × عرض × إرتفاع) بدون أخذ وزن العبوات في الإعتبار ويبلغ هذا المعدل :–

650 كجم / م3 للخضر الجذرية والكورمية والدرنية (مثل البطاطس)، 60 كجم / م3 للخضروات الورقية مثل السبانخ والملوخية والبقدونس.

4/2/1/4 حساب حمولة التبريد :–

عند وضع مادة غذائية طازجة في غرفة تبريد فإن درجة حرارتها تبدأ في الإنخفاض من درجة الحرارة الإبتدائية (الفعلية) للمادة الغذائية إلى أن تصل إلى درجة الحرارة المثلي اللازمة لتخزينها . وللتوصل إلى إختيار الطريقة المناسبة للتبريد وكذلك لوضع التصميم (الإختيار) الأمثل لآلة التبريد (من حيث حجم الضاغط – الكباس – وقدرته ، مساحة أنابيب المبخر والمكثف ، قطر أنابيب التوصيل ، كمية مائع (سائل) التبريد اللازمة لتشغيل آلة التبريد فإنه يلزم حساب عاملين مهمين يتوقف عليهما إختيار الطريقة والآلة المناسبة وهذان العاملان هما :–

– كمية المادة الغذائية الموضوعة بغرفة التبريد ، والمدة اللازمة لخفض درجة حرارة المادة الغذائية من درجة حرارتها الإبتدائية إلى درجة الحرارة المثلي للتخزين . وتتراوح هذه المدة بين 12 ساعة إلى 48 ساعة . – الحمل الحراري (حمل التبريد Refrigeration load) اللازم إنجازه بواسطة آلة التبريد . وهو عبارة عن كمية الحرارة التى تمتصها آلة التبريد من المادة الغذائية في وحدة الزمن أى (كيلو جول / ساعة).

ويتكون حمل التبريد من مجموع العناصر التالية :–

1–كمية الحرارة اللازمة لخفض درجة حرارة المادة الغذائية (Q_1)

2–كمية الحرارة اللازمة لخفض درجة حرارة العبوات (Q_2)

3–كمية الحرارة المتولدة عن تنفس الثمار أثناء التبريد والتخزين (Q_3).
4–كمية الحرارة النافذة من الجو الخارجي المحيط إلى داخل غرفة التبريد عبر الجدران والأسقف والأرضيات (Q_4).
5–كمية الحرارة المتولدة عن مواتير المراوح داخل الغرفة ولمبات الإضاءة والعمال وأوناش وروافع تحميل ورص عبوات المادة الغذائية (Q_5)
6– كمية الحرارة الناشئة نتيجة فتح وغلق أبواب غرفة التبريد والطرقات الغير مبردة (Q_6) وتقدر كمية الحرارة هذه بحوالي 20% من مجموع Q_1 حتى Q_5 ويصبح مجموع الحمل الكلي للتبريد Q_0 هو :–

$$Q_0=Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5+Q_6$$

ويقدر الحمل الكلي للتبريد Q_0 عادة ما يسمي " طن التبريد " Refrigeration ton حيث أن طن التبريد الواحد هو عبارة عن كمية حرارة تقدر بـ 13760 كيلو جول / ساعة . فإذا تم حساب حمولة التبريد الكلية Q_0 لغرفة تبريد معينه ووجد أنها على سبيل المثال =107800 كيلو جول / ساعة فإن حمولة آلة التبريد المطلوبة لهذه الثلاجة هو:

13760/107800= 5 طن تبريد

5/2/1/4 الجو الداخلي لغرفة التبريد :–

من المعروف أن قدرة المادة الغذائية مثل الخضار والفاكهة على الحفظ بالتبريد لا تتوقف فقط على كفاءة الصنف ولكن أيضا تتوقف على الظروف المحيطة بها من درجات حرارة ورطوبة نسبية جوية لذلك فإنه عند حفظ هذه الأغذية يجب أخذ النقاط الأتية في الإعتبار :

1–تقليل النشاط الحيوي داخل الخلايا إلى الحد الأدني مع مراعاة عدم حدوث أى إضطرابات في العمليات الحيوية .
2–تقليل سرعة التبخر من السطح الخارجي المعرض للهواء.
3–تقليل نشاط الكائنات الحية الدقيقة لتقل نسبة الإصابة بالأمراض أثناء مدة الحفظ .لذلك فإن العوامل الأساسية التي تؤثر على كفاءة الحفظ هي ظروف الجو الداخلي لغرفة التبريد والذى يتكون من درجة الحرارة والرطوبة النسبية الجوية ومعدل تقليب الهواء داخل غرف التبريد والمعاملات الإضافية للتبريد ، وفيما يلي توضيح لذلك :

أولاً : درجات الحرارة :

تعتبر درجة حرارة التخزين من أهم العوامل المؤثرة على كفاءة التخزين حيث أن إنخفاض درجة الحرارة يؤدى إلى تقليل سرعة العمليات الحيوية داخل

الخلايا كما تقلل من سرعة تبخر الماء ونمو الكائنات الحية الدقيقة ويجب مراعاة ألا تقل درجة الحرارة عن نقطة تجميد العصير الخلوي للخلايا النباتية لأن ذلك يؤدى إلى تكوين بلورات إبرية من الثلج تهتك الخلايا وتسبب موتها . وكل صنف من هذه الأصناف الغذائية معرض لما يسمي بالتلف التبريدي Chilling injury إذا تعرضت أثناء النقل أو التخزين لدرجات حرارة أكثر إنخفاضا من درجة التبريد المثلي المعروفة لكل نوع (عادة مابين 5 إلى 10° م) ويختلف الحد الأدني لدرجة الحرارة والذي يحدث تحته أضرار البرودة بإختلاف النوع والصنف وتسمي أقل درجة حرارة تحفظ عليها دون تلف lowest safe temperature والتى لا يحدث عندها إضطراب للعمليات الفسيولوجية داخل الخلايا . ولكن في نفس الوقت توجد بعض الأصناف يمكنها تحمل الإنخفاض في درجة الحرارة عن lowest safe temperature وقريبة من نقطة التجميد أو أقل قليلا مثل البصل وبعض أصناف الكرنب . ويجب عند حفظ هذه الأصناف على درجة حرارة قريبة من نقطة التجمد أن يلاحظ جيدا درجة حرارة التبريد حتى لا تقل عن ذلك وأيضا ملاحظة حالة الصنف المحفوظ.

ويجب أن لا يزيد مقدار التذبذب في درجة حرارة غرفة التبريد عن 0.5 $\pm$ درجة مئوية . وإذا زاد التذبذب عن ذلك فإنه يجب فحص أنابيب المبخر لإزالة الثلج المتراكم عليها لتحسين عملية تبادل الحرارة بين المبخر والهواء . كما يجب أن تزود غرف التبريد بترموستات لقياس وضبط درجة الحرارة أوتوماتيكيا ويتم التأكد من درجة حرارة الغرفة مرتين على الأقل يوميا كما تسجل درجات حرارة الغرفة على ورق بياني لأغراض المتابعة والتفتيش .ويمكن تجنب التذبذب في درجات حرارة غرف التبريد إذا ما روعي في تصميمها العزل الجيد وكفاءة أجهزة التبريد وأيضا أن يكون الفرق قليلا بين درجة حرارة المبخر ودرجة حرارة الحيز الذي يتم تبريده .

ويجب مراعاة أن بعض الحاصلات الزراعية مثل البطاطس وبعض أصناف التفاح لا تتحمل التبريد الفجائي ولذلك تخفض درجة الحرارة بالتدريج في مدة تتراوح من 5 – 30 بوما حتى تصل إلى درجة الحرارة اللازمة للحفظ. وذلك لأن التبريد الفجائي يؤثر على العمليات الحيوية التي تتم داخل الخلايا مما يؤدي إلى سرعة التلف أو إكتساب الصنف المخزن صفات غير مرغوبة . ولذلك فإنه فى حالة إستعمال الثلاجات الكبيرة يبرد المحصول مبدئيا في ثلاجات أخري ثم ينتقل إلي الثلاجات الكبيرة ولكن عادة تجري عملية التبريد السريع داخل غرف التبريد التي سيتم فيها التخزين .

ويجب تبريد غرف الحفظ قبل نقل المحصول المراد تخزينه بها مع مراعاة عدم ملء غرفة التبريد مرة واحدة ولكن على دفعات كل دفعة حوالى 10% من حجم الثلاجة وبالتالى تحتاج عملية وضع المادة الغذائية في غرف التبريد الكبيرة لمدة تتراوح بين 10 –15 يوما .

وعند الحاجة إلى هذه الحاصلات للأستهلاك يجب رفع درجة حرارتها تدريجيا عن طريق إمرارها على عدة غرف درجة حرارتها تتراوح تدريجيا . وذلك لأن تعرض هذه الحاصلات الزراعية مثل الفاكهة والخضر للهواء الجوي ذات درجة الحرارة المرتفعة يؤدي إلى حدوث إضطراب في التفاعلات الحيوية داخل الخلايا نتيجة لزيادة سرعتها فجأة مما يساعد على الفساد السريع ، وكذلك يؤدي إلى تكثيف الرطوبة من الهواء الجوي على السطح الخارجي البارد للثمرة وتعرف هذه الظاهرة بالعرق sweating وتكون أكثر وضوحا كلما كانت الرطوبة الجوية النسبية مرتفعة ويجب منع حدوث ظاهرة العرق أو تقليلها بقدر الإمكان خاصة بالنسبة للثمار الطرية والبصل حيث تسبب هذه الظاهرة زيادة كبيرة في نسبة الإصابة بالأمراض الفطرية لهذه المحاصيل .، ويمكن منع أو تقليل حدوث " العرق " يرفع درجة الحرارة تدريجيا أو مراعاة أن تكون الرطوبة الجوية النسبية في الهواء خارج المخزن منخفضة عند نقل المحصول من غرف التخزين كما يمكن زيادة معدل مرور الهواء حول المحصول لتجفيف سطحه بسرعة . ويجب مراعاة النقط التالية عند إختيار درجة الحرارة المناسبة للحفظ:–

1–درجة النضج الفسيولوجي للمادة الغذائية بعد الحصاد فإذا كانت في دور النضج الكامل يجب أن تكون درجة حرارة الحفظ أقل مما يمكن أما إذا كانت غير تامة النضج فيجب أن تحفظ على درجة حرارة أعلى في الحدود التي يتطلبها الصنف وذلك لأنه عند حفظ المادة الغير تامة النضج على درجة حرارة منخفضة أكثر من اللازم فإنها تفقد القدرة على النضج الفسيولوجي كما في حالة تخزين الطماطم الغير ناضجة .

2–الغرض من إستعمال المادة الغذائية بعد الحفظ فمثلا عند حفظ التفاح الغير ناضج والمطلوب تمام نضجه لسرعة الحاجة إلية فإنه يخزن على درجة حرارة أعلى . وفي حالة حفظ البطاطس لإستعمالها في التحمير فإنها لا بد أن تحتوي على نسبة منخفضة من السكر حتى لا يحدث تلون عند تحميرها وهذا يتطلب رفع درجة حرارة التخزين إلي 15° م قبل الإستعمال بحوالي 2–3 أسابيع .

ثانيا : الرطوبة النسبية :

كلما ارتفعت درجة حرارة الهواء إزدادت قدرته على حمل بخار الماء وعند إنخفاض درجة الحرارة تقل قدرته بالتالي تزداد كمية البخار به حتى تصل إلى درجة التشبع ويبدأ بعدها تكثيف أى كمية بخار ماء زائدة وتعرف هذه الظاهرة بنقطة الندي dew point وتختلف أنسب رطوبة نسبية في جو غرف التخزين بالتبريد طبقا لنوع الغذاء المخزن ..فلكل مادة غذائية درجة رطوبة نسبية مثلي لتخزينها . فانخفاض الرطوبة النسبية عن حد معين يؤدي لحدوث جفاف نسبي للمنتجات المبردة يصاحبه تغير في مظهرها وفقد في وزنها وتقاس الرطوبة النسبية للهواء بجهاز الهيجرومتر .

ويمكن التحكم في الرطوبة النسبية في غرف التبريد بإستخدام جهاز ضابط الرطوبة humidistat الذي ينبعث منه رذاذ الماء في جو غرف التبريد عند إنخفاض الرطوبة النسبية بها عند حد معين . كما أنه يمكن تجفيف الهواء الداخلي للمخزن بوضع مواد هيجروسكوبية في الأركان مثل كلوريد الكالسيوم لإمتصاص الرطوبة وعند تبريد غرف التخزين يجب مراعاة عدم خفض درجة حرارتها عن درجة حرارة نقطة الندي حتى لا يحدث تكثف لبخار الماء على أنابيب المبخر .

وتختلف الرطوبة النسبية المثلي لتخزين الأغذية بالتبريد بإختلاف نوع المادة الغذائية فالخضروات الورقية تخزن في غرف تبريد تتراوح رطوبتها النسبية من 90 –95% وتخزن معظم الفواكهة في جو رطوبته النسبية من 85 – 90% بينما تكفي رطوبة نسبية تصل إلي 70% لتخزين معظم أنواع المكسرات ولا يفضل أن تزيد الرطوبة النسبية عن 50% عند تخزين المواد الغذائية المجففة على صورة حبيبات أو مسحوق. و بتخزين المواد الغذائية فإنه كلما كانت غرفة التبريد ممتلئة بالمادة الغذائية كلما قل التذبذب في قيم الرطوبة
النسبية لجو الثلاجة ويوضح الجدول التالي (4–1) درجات الحرارة والرطوبة النسبية المثلي وفترة الصلاحية التقريبية لبعض المواد الغذائية.

جدول (4–1) : درجات الحرارة المناسبة والرطوبة النسبية المثلي لتخزين بعض المواد الغذائية وحدود فترة صلاحيتها ومدى تحملها للبرودة

نوع الغذاء	(درجة الحرارة المناسبة للتخزين ْم)	الرطوبة النسبية	فترة الصلاحية بالتقريب (يوم)	تحمل البرودة
تفاح	-1-صفر	90-85	14-7	متوسطة
موز	16-12	95-85	21-7	منخفضة
عنب	-1-صفر	90-85	الأمريكي 21-56 والأروبي	عالية

			180-90	
برتقال	صفر – 1	90-85	84-56	متوسطة
خوخ	-1-صفر	90-85	28-14	متوسطة
فاصوليا خضراء	7	90-85	10-8	منخفضة
بسلة خضراء	صفر	90-85	14-7	متوسطة
بطاطس	4-3	90-85	270-180	منخفضة
سبانخ	صفر	95-90	14-10	متوسطة
بصل	صفر	75-70	240-180	عالية
باذنجان	10-7	90-85	10	منخفضة
أسماك طازجة	صفر- 2	95-90	10-5	منخفضة
لحم طازجة	صفر-1	92-88	42-7	متوسطة
بيض	-1- صفر	85-82	60-30	عالية
دواجن	صفر	- -	7	منخفضة

ثالثاً : تقليب وتنقية هواء غرفة التبريد :-

يجب تقليب هواء غرفة التقليب تقليبا جيدا باستمرار للمحافظة على درجة الحرارة الرطوبة النسبية دون تذبذب داخل الغرفة ، ويجب أثناء التقليب أن يتخلل الهواء المواد الغذائية وعبواتها وتلاشى وجود أى أركان خاملة غير مقلبة داخل الغرفة حتى لا تسبب مصدرا لإرتفاع درجة الحرارة وتشجيع النمو الميكروبي . كما يساعد تقليب الهواء على التخلص من المواد الطيارة الصادرة

من المواد الغذائية والتي يتسبب تراكمها في إسراع نضج وتطرية أنسجة المادة الغذائية وبالتالي يمكن حفظ المواد الغذائية (خصوصا بعض الخضر والفاكهة) لمدة أطول لإستهلاكها في غير مواسم إنتاجها دون أن تتعرض للتطرية والعطب والنضج المبكر وفقدان قيمتها التسويقية فيما بعد .

و يتو قف عدد مرات تقليب هواء جو الغرفة على مرحلة التبريد ذاتها:

أثناء عملية التبريد الأولي :

30 – 40 مرة تقليب حجم الهواء كله بالثلاجة / كل ساعة

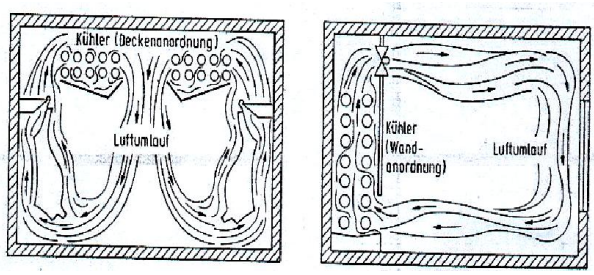
أثناء التخزين المبرد :

15 – 20 مرة تقليب / ساعة في حالة التبريد بالطريقة المباشرة.

يتم التقليب بإستخدام المراوح المركبة على المبخر / أو بإستخدام مراوح سقفية في حالة التبريد بالطريقة الغير مباشرة .

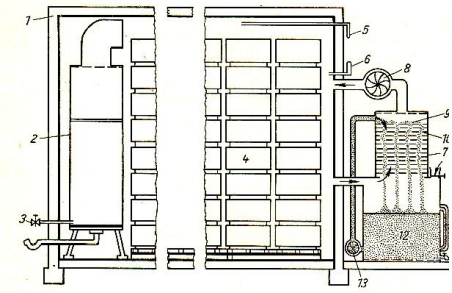
زيادة عدد مرات تقليب الهواء عن اللازم يؤدي إلى جفاف المادة الغذائية الموجودة بغرفة التبريد خصوصا إذا كانت الرطوبة النسبية للهواء منخفضة وكمية المادة الغذائية الموجودة بالثلاجة قليلة . ويجب أن تكون هناك مسافات بين بالتات المادة الغذائية المعبأة حتى يمكن أن يتخللها الهواء . ويمكن قياس سرعة الهواء داخل غرفة التبريد بواسطة جهاز Anemometer

ويوضح الشكل رقم (4-6) طريقة تقليب الهواء داخل غرف التبريد.



شكل رقم (4-6): طرق تقليب الهواء داخل غرفة التبريد. مرور الهواء يكون اما رأسيا أو جانبيا.

تنقية هواء غرفة التبريد: للتخلص من الشوائب و الروائح العالقة بجو غرفة التبريد يتم عملية " غسيل للهواء" و ذلك بسحب هواء غرفة التبريد بواسطة مروحة ثم دفعه لجهاز رأسي حيث يتم غسله برذاذ ماء (في اتجاه سريان عكسي) و دفعه للغرفة مرة أخرى و بذلك يمكن التخلص من الشوائب و الروائح العالقة بالهواء، كما هو موضح بالشكل رقم (4-7).



شكل (4-7): رسم تخطيطي لغرفة تبريد ملحق بها جهاز من الخارج لسحب الهواء من الغرفة وتنقيته برذاذ ماء و إعادة دفعه دخل الغرفة.

تجهيزات أخري داخل غرفة التبريد :-

يمكن أن تزود الثلاجات ومخازن التبريد بأجهزة معالجة بالأشعة فوق البنفسجية أو بمصابيح مبيدة للميكروبات وذلك بحسب طبيعة الثلاجة أو المخزن ونوع المادة الغذائية المخزنة . وعموما تزود جميع ثلاجات حفظ اللحوم بهذا النوع من المصابيح .

6/2/1/4 تحميل وتفريغ غرفة التبريد والرقابة على عملية التخزين :-

- يجب النقل السريع للمواد الغذائية بعد الحصاد مباشرة إلى مخازن التبريد لمنع إستمرار التدهور في القيمة الغذائية وفي الأجواء الحارة يجب إستخدام وسائل نقل مبردة في عملية النقل .

– يجب إجراء عملية التبريد الأولي للمواد الغذائية الواردة لمبني الثلاجة بحيث تصل درجة حرارتها إلى ما يقرب من درجة حرارة التخزين وأن لا يزيد الفرق عند إدخالها إلي غرفة التبريد عن 3 درجات مئوية أعلى من درجة حرارة التخزين لأن تحميلها مباشرة على غرفة التبريد يؤدي إلى حدوث تكثف رطوبة على المواد الموجودة بالغرفة المبردة مما يشجع النمو الميكروبي والنشاط الانزيمى. وتعتبر هذه الخطوة غير ضرورية إذا تم ملء الغرفة بالكامل خلال 48 ساعة .

– تعبأ المواد الغذائية وترص العبوات على بالتات داخل غرفة التبريد ويجب توحيد مقاسات العبوات البالتات (الأبعاد القياسية للبالتة هو 80 سم × 120سم) وتستخدم الرافعات الشوكية في رص البالتات .

– يجب المحافظة على المسافات التالية عند رص البالتات داخل غرفة التبريد:–

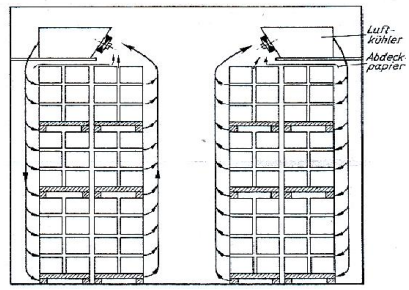
- إرتفاع أول بلتة عن الأرضية يكون حوالي 15سم .
- المسافة بين البالتات وجدران غرفة التبريد = 30–40سم .
- المسافة بين البالتات والأعمدة الخرسانية للغرفة = 15سم .
- المسافة بين البالتات والمبخر = 30 سم .
- المسافة بين البالتات وسقف الغرفة = 25 سم .
- ممرات التفتيش تكون بعرض50–60 سم .

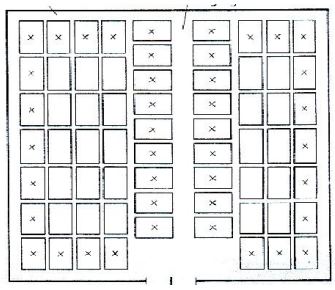
وتساعد هذه المسافات على سهولة حركة الهواء داخل الغرفة وسهولة الرقابة والكشف على المادة الغذائية أثناء فترة التخزين . ويجب تغطية الرصات العلوية من البالتات حتى لا تتعرض للجفاف أو التكثيف . ويوضح الشكل رقم (4–8) طريقة رص عبوات المادة الغذائية داخل غرف التبريد .

وتبلغ معدلات التحميل للمواد الغذائية المختلفة (كجم مادة غذائية / م3 من حجم الغرفة)القيم التالية :

التفاح والكثري والكريز والبرقوق والخوخ والمشمش	280– 350كجم / م3
الفراولة والتوت والعنب	200–240 كجم / م3
البرتقال والجريب فروت والليمون	400 كجم / م3
البطاطس وقرون البسلة	600 – 650 كجم / م3
القلقاس والجزر والبنجر والبصل والفلفل والطماطم	280 – 300 كجم / م3
الشيكوري والبصل الأخضر والفاصوليا والطماطم	150– 205 كجم / م3
الخس والسبانخ والملوخية والبقدونس	60 –95 كجم / م3

شكل رقم (4–8): شكل تخطيطي لطريقة رص العبوات داخل غرفة التبريد





(علامة x) تدل على البالتات سهلة التفتيش

يجب مراقبة المواد الغذائية المخزنة في الثلاجة بإستمرار أثناء فترة التخزين لتتبع التغيرات التي يمكن أن تطرأ على جودتها وتجري الرقابة للكشف على التلوث الفطري أو التلون والتبقع كما يلي :-

- مرتان يوميا لكل من الفراولة والتوت.
- مرة يوميا لكل من العنب والفواكهة الحجرية والبصل الأخضر والطماطم والخيار والفجل الأحمر والسبانخ والبقدونس والخس والبسلة والفاصوليا والأسبرجس .
- ثلاث مرات أسبوعيا لكل من الكرنب والقرنبيط والجزر والبنجر .
- مرة واحدة أسبوعيا للبصل .

ويجري الكشف الخارجي أثناء التفتيش كما تجري من حين لأخر إختبارات حسية ويتم خروج المادة المبردة من المخزن عند إنتهاء فترة التخزين أو عند حدوث أى تغير جوهرى في جودة المادة المخزنة . ويجب عدم تعريض المادة المبردة عند خروجها من الثلاجة لدرجات حرارة مرتفعة فجائيا حتى لا يحدث تكثف رطوبة على سطحها ، لذلك يجب الرفع التدريجي لدرجة حرارة المادة الخارجة من الثلاجة ويتوقف معدل التكثيف على نقطة الندي للهواء الجوي الخارجي ، لذلك يجب قياس ومعرفة خواص الهواء الجوي المحيط لمعرفة درجة الحرارة التي تنفصل عندها الرطوبة من الهواء وتتكثف على سطح المادة الغذائية.وإذا أريد تفريغ المخزن بالكامل فإنه يستحسن تسخين الهواء داخل غرفة التبريد إلى ما يعادل نقطة الندي للهواء الخارجي قبل تفريغ المخزن ويمكن إتمام ذلك بفصل آلة التبريد عن العمل وسحب هواء خارجي تدريجيا إلى داخل الغرفة ، أو أن يتم التكييف الحرارى للمادة الغذائية في غرفة أخرى منفصلة ذات درجة حرارة أعلى من درجة حرارة غرفة التبريد . وفي حالة عدم توفر ذلك يمكن إخراج البالتات من غرفة التبريد ووضعها لمدة تصل إلى 8 ساعات في صالة الإعداد والتجهيز الخاصة بالثلاجة قبل نقلها إلى السوق

3/1/4 خطوات تبريد المواد الغذائية :-

تمر المادة الغذائية المطلوب حفظها بالتبريد بعدة مراحل تبدأ بعد الحصاد مباشرة وتنتهي بإنتهاء مدة الحفظ بالتبريد وتوزيع المادة الغذائية للاستهلاك ، وهذه المراحل هي :-

1/3/1/4 التنظيف والفرز والتعبأة :-

أ-يمكن أن تتم عمليات التنظيف والفرز والتعبأة للمادة الغذائية بعد الحصاد مباشرة في مواقع إنتاجها أو بعد وصولها مباشرة إلى موقع الثلاجة .

وتجري عملية تنظيف للمواد الغذائية الواردة للتخلص من الشوائب العالقة وبقايا الأجزاء الخضرية النباتية والطين وتجري هذه العملية فى معظم الأحوال على الناشف وذلك بامرار هذه الأغذية على أجهزة مزودة بفرش ناعمة دوارة تعمل على تنظيف الطبقة السطحية دون خدشها وقد يجري التنظيف بإستخدام رزاز ماء وفي هذه الحالة يجب تجفيف الثمار والمواد الغذائية من بقايا الماء باستخدام تيار من الهواء وقد يضاف للماء مادة مطهرة .

ب-بعد عملية التنظيف تجري عملية الفرز للتخلص من باقي الشوائب والثمار التالفة والغريبة وتجري هذه العملية بإمرار المواد الغذائية على سيور جلدية أفقية ويتم الفرز يدويا بواسطة أيدى عاملة مدربة .

ج-بعد عملية الفرز تجري عملية التدريج للثمار والخضر والمواد الغذائية الأخري لتقسيم الكمية الواردة للثلاجة إلى أقسام ذات أحجام مختلفة لتسهيل عمليات التعبئة والتبريد والتسويق . وتجري عملية التدريج بإمرار المادة الغذائية داخل إسطوانات طويلة مفرغة ومائلة قليلا ومزودة بثقوب سطحية ذات مقاسات متدرجة بحيث تسقط الثمار المتساوية في الحجم على مسافات مختلفة أثناء مرورها بطول الإسطوانة ويتم تجميع كل حجم على حدة أو بإمرار الثمار والمواد الغذائية على أزواج متجاورة من الإسطوانات الطويلةو الدوارة بحيث تتباعد المسافة الفارغة بين الإسطوانتين بطول الإسطوانتين ويتم نقل الثمار ذاتياً عن طريق دوران الإسطوانتين وتسقط الثمار حسب أحجامها .

بعد عملية التدريج تجري عملية التعبأة في عبوات نظيفة خالية من العيوب وذات مقاسات موحدة لسهولة التحميل بعد ذلك على البالتات وتصنع العبوات من السدائب الخشبية أو الكرتون . وإذا كانت المادة المعبأة حساسة لفقد الرطوبة فإنه يجري تغليف العبوات أو تغطيتها فقط بطبقة رقيقة من شرائح (فولية) البولى

ايثيلين . كما يمكن تعبئة بعض الأغذية مثل القرنبيط في أكياس من البولى ايثيلين المثقب حيث تطول مدة الحفظ بالتبريد في هذه الحالة نتيجة تراكم غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج عن عمليات التنفس داخل الكيس ويعمل بعد مدة على خفض معدل تنفس الثمار ذاتها وتثبيط النمو الميكروبي .

2/3/1/4 التبريد الأولي Pre-cooling:

يقصد بالتبريد الأولي (المبدأي) هنا هو الخفض السريع لدرجة حرارة المادة الغذائية من درجة حرارة الحقل (أو درجة حرارة الوسط المحيط) إلى درجة حرارة التخزين البارد قبل وضعها في ثلاجة الحفظ المستديم وفي هذه المرحلة يتم إمتصاص كمية حرارة كبيرة من المادة الغذائية في وقت قصير نسبياً (24 ساعة على الأكثر) وذلك لتقليل فرصة تدهور المادة الغذائية وتقليل النشاط الميكروبي والأنزيمي للمحافظة على الحالة الطازجة والقيمة التغذوية للمادة الغذائية المطلوب تبريدها . وتتم عملية التبريد الأولي للمادة الغذائية في أجهزة خاصة ملحقة بالثلاجات أو داخل الثلاجات ذاتها وتفضل الحالة الأولي للتحكم في ظروف التبريد السريع وعدم زيادة الحمل الحراري داخل غرف الثلاجات .وتتوقف المدة اللازمة للتبريد الأولي للمادة الغذائية على عاملين هامين هما :-

- حجم قطع المادة الغذائية المطلوب تبريدها وخواصها الحرارية مثل الحرارة النوعية ومعامل التوصيل الحراري . وكلما زاد حجم قطع المادة الغذائية كلما طالت مدة التبريد الأولي للوصول إلى درجة حرارة منخفضة مناسبة داخل المادة الغذائية .
- درجة حرارة المادة الغذائية في بداية عملية التبريد وكذلك درجة حرارة الوسيط المستخدم في تبريدها (هواء – ماء) حيث يجب أن يكون الفرق بينهما كبير (عادة بخفض درجة حرارة وسيط التبريد المستخدم) للإسراع في إنتقال الحرارة .
- سرعة مرور وسيط التبريد (هواء – ماء) حول قطع المادة الغذائية المطلوب تبريدها حيث أنه كلما زادت سرعة سريان وسيط التبريد كلما زاد معدل إمتصاص الحرارة من المادة الغذائية . ويتم التبريد الأولي للمواد الغذائية بالطرق التالية كما هو موضح بالشكل رقم (4-9):-

أ-التبريد الأولي بإستخدام الماء البارد (أو مخلوط الماء والثلج المجروش) أو الثلج المجروش فقط وتعرف هذه الطريقة بإسم الـ Hydro-cooling وتستخدم في تبريد الخضر والفاكهة مثل الجزر والطماطم والأسبرجس والقرنبيط والبرتقال والكنتالوب والخوخ والكريز كما تستخدم أيضا في تبريد الدواجن بعد الذبح وإزالة

الريش كما يستخدم الثلج المجروش في حالة الأسماك وعادة تضاف للماء مادة مطهرة بتركيز بسيط مثل الكلورين ومشتقات الفنيول المصرح بها .

ب- التبريد الأولي بإستخدام الهواء البارد المدفوع بسرعة عالية داخل نفق تبريد وتستخدم هذه الطريقة في تبريد الذبائح وكذلك في تبريد الفراولة والعنب والقرنبيط وتبلغ مدة التبريد للذبائح ، بهذه الطريقة من 16 إلى 20 ساعة وتبلغ سرعة الهواء داخل النفق من 1إلي 2 م / ث وتصل نسبة الفقد في الوزن نتيجة التبخر الرطوبة من سطح الذبيحة إلى 2%.

ج – التبريد الأولي بالتفريغ Vacuum cooling حيث يعمل التفريغ على نزع كمية صغيرة من رطوبة المادة الغذائية لا تزيد عن 2% على هيئة بخار ماء. وتنزع الحرارة اللازمة للتبخير من المادة الغذائية ذاتها وبالتالي تبرد المادة الغذائية في وقت قصير جداً لا يتجاوز عدة دقائق وتستخدم هذه الطريقة في تبريد الخضروات الورقية مثل السبانخ والملوخية والبقدونس والخس وحديثا إستخدمت هذه الطريقة في تبريد ثمار الموالح والتفاح .

3/3/1/4 التخزين المبرد cold storage

بعد إجراء التبريد الأولي المنفصل يتم نقل المادة الغذائية المبردة إلى غرفة التبريد (الثلاجة) لحفظها على درجة الحرارة المنخفضة لمدة التخزين المطلوبة

ويمكن تقسيم الأغذية بالنسبة إلى درجة حرارة حفظها بالتبريد إلى ثلاثة مجاميع رئسية كما يلي :-

(1) من −1 م ألى + 1م^{5} (وتشمل السمك الطازج واللحوم والسجق واللحم المفروم واللحوم والأسماك المدخنة) .

(2) من صفر م إلى 5م^{5} (وتشمل اللحوم المعلبة واللبن المبستر والقشطة والزبادي والسلاطات المحضرة والسندوتشات والمخبوزات والبسطرمة والبيتزا والعجائن الغير مخبوزة والحلوي من عجين).

(3) من صفرْ إلى 8م^{5} (وتشمل اللحوم والأسماك المطهية واللحوم المملح سواء كانت مطبوخة أو غير مطبوخة والزبد والمارجين والجبن الصلب والفواكهة والخضروات الطازجة)

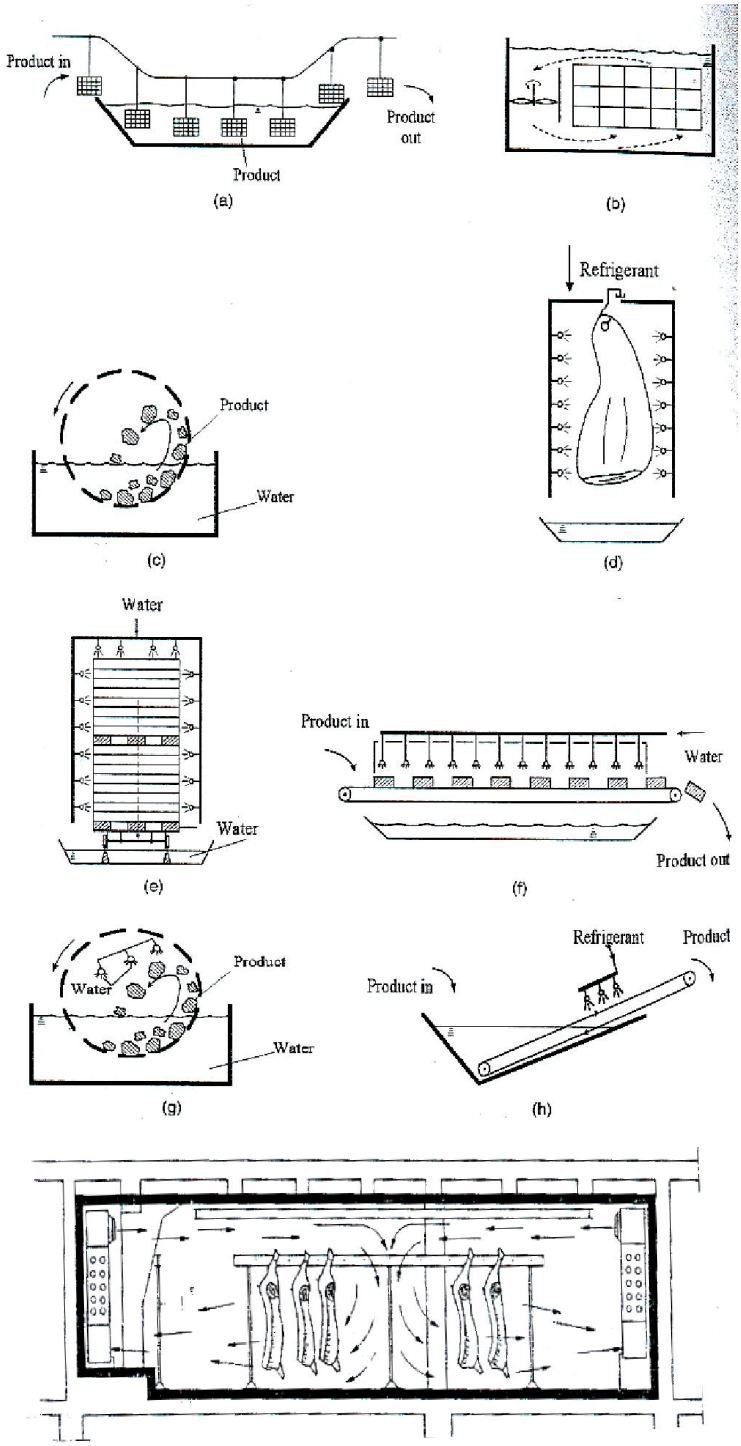
وهناك بعض الأغذية لا تصلح للتخزين بالتبريد منها على سبيل المثال الفواكهة الإستوائية والشبة إستوائية وبعض فواكهة المناطق المعتدلة والتى تتعرض لأضرار التبريد Chilling injury وإذا تم حفظها على درجات حرارة تعلوا نقطة التجمد لها بحوالي من 3 – 10م . ويزداد التأثير الحافظ للتبريد إذا كانت عملية التبريد مصحوبة بتحكم وتعديل في تركيب جو غرفة التبريد فالهواء الجوي يتكون من

78% نيتروجين 21% أكسجين ، 1% ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء فالتقليل من تركيز الاكسجين أو زيادة تركيز ثانى اكسد الكربون في جو غرفة التبريد بأى طريقة صناعية فإن ذلك يقلل من معدل تنفس الخضروات والفواكهة الطازجة ويثبط من النمو الميكروبي والحشري وتزيد مدة الحفظ الطازج . ويمكن تعديل جو غرفة التبريد بثلاثة طرق :-

(1)التخزين في جو محكم (مراقب) (CAS) Controlled – atmosphere storage

تستخدم هذه الطريقة لتخزين الثمار التي يتم نضجها بعد الحصاد مثل التفاح والكمثري والموز والموالح والطماطم أو التي تفسد بسرعة مثل الخيار والخس والقرنبيط والسبانخ حتى لو تم تخزينها عند درجة الحرارة المثلي لها. ويتم في هذه الطريقة أولاً تعديل جو غرفة التبريد حيث تخفض نسبة الأوكسجين من 21% إلى 2% وترفع نسبة ثاني أكسيد الكربون من 1% بحيث تصل إلى 5% تقريبا ، وثم يتم ثانيا مراقبة هذا الجو المعدل بإستمرار.

– بحيث يتم المحافظة على نسب الغازات المذكورة دون تغير طوال مدة التخزين المبرد وذلك بالقياس المستمر لتركيز كل من الأوكسجين وثاني أكسيد الكربون والإثيلين والتخلص من الزيادة في تركيز ك أ$_2$ الناشئة عن تنفس الثمار أثناء التخزين بسحب جزء من هواء الغرفة وإمراره خلال منقيات Scrubbers تحتوي على ماء الجير أو الفحم المنشط لإمتصاص ك أ$_2$ الزائد وإعادة الهواء



شكل رقم (4-9):بعض أجهزة التبريد الأولي للأغذية الطازجة

المنقي إلى غرفة التبريد . وهناك قيود على إستخدام نظام CSA نظرا لسمية ك أ$_2$ لبعض الأغذية والإسراع في عملية نضج الثمار وحدوث تغير في بعض الصفات الحسية للثمار

(2)التخزين في جو معدل Modified – atmosphere storage(M A S)

حيث يسمح للتركيب الغازي داخل غرفة التخزين المغلقة بالتغير عن طريق النشاط العادي للأغذية وبدون أى تدخل عادة من الخارج لتغير جو الغرفة حيث ينخفض تركيز الأكسجين إلى حدود صفر% ويزداد تركيز ك أ$_2$ الى % بعد حوالى 2 –4 اسابيع وتصلح هذه الطرقة للحفظ بالتبريد للخضر الورقة والبذور الزينية .

(3)التعبئة والتخزين في جو معدل modified atmosphere (MAP) Packaging (أو التعبئة في غاز مدفوع) حيث نوضع الأغذية في عبوات معروف درجة نفاذيتها ثم يتم تعديل تركيب الجو الغازي لهذه العبوات وتغلق تماما ثم تحفظ بالتبريد داخل الثلاجات .

وفي الحياة العملية فإنه يقتصر حاليا على إستخدام كل من التخزين في جو محكم (مراقب) CAS والتخزين في جو معدل MAS على كل من التفاح والكمثري والقرنبيط . أما عملية التعبئة في جو معدل MAP فإنها تستخدم لحفظ الأغذية الطازجة وبعض الأغذية المعاملة بمعاملات خفيفة (مثل السندوتشات والجبن واللحم المطبوخ) ويزداد إنتشارها بسرعة . وتتوقف مدة صلاحية الأغذية الطازجة المحفوظة بالتبريد على العوامل التالية:–

1– نوع وصنف الغذاء .

2– الجزء المختار من المحصول للحفظ (حيب أن الأجزاء التى تنمو بسرعة هي التي تحقق أعلى معدلات تمثيل حيوية وأقل مدة للحفظ).

3– حالة المحصول والغذاء عند الحصاد (على سبيل المثال مدى التلف الميكانيكي والتلوث الميكروبي ودرجة النضج) .

4– درجة الحرارة أثناء النقل وعند التوزيع إلى مخازن ومحلات البيع .

5– الرطوبة النسبية لجو غرفة التبريد والتى تؤثر على مدي الفاقد في الوزن أثناء التخزين (نتيجة لهجرة الرطوبة من المادة الغذائية إلى الجو المحيط)

أما مدة صلاحية الأغذية المصنعة المحفوظة بالتبريد فتتوقف على العوامل التالية :–

1–نوع الغذاء. 2–درجة التثبيط التى تمت للأحياء الدقيقة والانزيمات

أثناء عمليات التصنيع . 3- مدي مراعاة الشروط الصحية أثناء التصنيع والتعبئة . 4-خصائص النفاذية للعبوات المستخدمة .
5-درجة الحرارة أثناء التخزين والتوزيع .

4/1/3/4 حفظ بعض المواد الغذائية بالتبريد:-

فيما يلي أمثلة لحفظ بعض المواد الغذائية بالتبريد والإعتبارات الواجب مراعاتها أثناء التخزين :-

1/4/3/1/4 الأغذية النباتية :-

1- تستمر التفاعلات البيوكميائية المختلفة في الخضروات والفواكهة الطازجة والحبوب والبقوليات مرتفعة الرطوبة بعد حصادها مما يؤدي لأكسدة السكريات وإنتاج طاقة حرارية تؤخر من عملية التبريد يجب أخذها في الإعتبار عند حساب الحمل التبريدي للثلاجات ويؤدي إستهلاك الجزي الواحد من الجلوكوز فى التنفس الى انطلاق طاقة حرارية قدرها 675 كيلو كالوري قد تؤدى الى ارتفاع درجة حرارة المادة الغذائية اذا لم يتم امتصاصها فوراً بواسطة آلة التبريد. وتخزين الثمار الطازجة على درجة حرارة ثابتة لا يعنى بالضرورة أن يكون معدل تنفس الثمار أيضا ثابتا عند هذه الدرجة من الحرارة ، فالثمار التى تمر بمراحل النضج أثناء التخزين المبرد climacteric fruits تعطي إرتفاعا مفاجئا في معدل التنفس بعد فترة من التخزين حيث يحدث هذا الإرتفاع عند وصول الثمار إلى درجة النضج المثلي. وتشمل الثمار التي تمر بمراحل نضج أثناء التخزين كل من التفاح والكمثري والموز والمشمش والأفوكادو والمانجو والخوخ والبرقوق والطماطم . أما الثمار التي لا تمر بمرحلة النضج أثناء التخزين فهي العنب والتين والليمون والجريب فروت والأناناس والكريز والفراولة والخيار وتسلك الخضروات في تنفسها أثناء التخزين سلوك مشابه لثمار الفاكهة التي لاتمر بمراحل نضج" non- climacteric fruits "

2- تختلف أصناف الفواكه أو الخضروات لنفس النوع في درجة الحرارة المثلي لتخزينها بالتبريد فعلى سبيل المثال تتراوح درجة حرارة التخزين المثلى للتفاح صنف McIntosh بين 2.2-4.4ْ م بينما التفاح الـ Delicious فيفضل تخزينه على صفر ْ م . كذلك يفضل تخزين الجريب فروت صنف فلوريدا على صفرْ م بينما تكون درجة الحرارة المثلي لتخزين صنف تكساس مارش بالتبريد على 11[5] م .

3- لايتكون اللون الطبيعي للطماطم والموز عند تخزينهما قبل اكتمال النضج على درجة حرارة أقل من 13° م بسبب انخفاض نشاط أنزيمات إنضاجهم الطبيعية .

4- يؤدى انخفاض درجة حرارة التبريد بوجه عام لزيادة فترة تخزين الفواكه والخضروات فيما عدا بعض أنواع الفواكه والخضروات التي تتعرض لما يسمى بالتلف التبريدي Cold injury إذا ما خزنت على درجات حرارة منخفضة عند درجة الحرارة المثلى لتخزينها . وتختلف أعراض التلف التبريدي في الفواكه والخضروات . . فإما أن يحدث عدم اكتمال للون عند النضج كما هو الحال في الطماطم والموز . . أو قد يحدث تلون باللون البني كما هو الحال في المانجو والموز والطماطم والتفاح. وقد تحدث طراوة للقوام وتحلل للأنسجة كما هو الحال في الجريب فروت والشمام والبامية والبطاطا والطماطم والخيار

ولكل نوع من الخضر والفاكهة درجة حرارة مثلي وقيمة رطوبة نسبية مثلي للتخزين المبرد وتعرف أقل درجة حرارة تبريد ممكنة للمادة الغذائية دون حدوث أضرار تبريد لها بـ أقل درجة حرارة آمنة " lowest safe temperature " كما سبق ذكره.

5- للرطوبة النسبية للهواء في جو المخزن أهمية كبيرة في المحافظة على سلامة الثمار المخزنة ودرجة طزاجتها وسلامة الشكل الخارجي لها (الذبول والجفاف) ويجب أن تكون الرطوبة النسبية لهواء غرفة التبريد أعلى من 90% عند تخزين الخضروات الورقية ويمكن إضافة طبقة رقيقة من الشمع للسطح الخارجي لبعض أنواع الفواكه والخضروات لسد المسام ومنع فقد الرطوبة وإكساب المنتجات مظهراً لامعاً وقد نجح تجارياً تشميع الموالح والخيار والطماطم والبطاطس والشمام والبطاطا ويستخدام عادة شمع البرافين أو خليط من شمع نباتي مع شمع البرافين.

6- لاتتحمل الخضروات والفواكه بعد خروجها من مخازن التبريد فترات تخزينية طويلة في الأسواق لذا يجب العمل على سرعة تسويقها وضبط حجم العرض منها مع الطلب عليها حتى لا يزيد الفاقد .

7- يجب منع انتقال الروائح في حجرات الحفظ بالتبريد فلا يخزن التفاح مع البقدونس والثوم والكرنب والبصل ولا يخزن التفاح والموالح مع منتجات الألبان والبيض التي تمتص روائحهم .

8-ينصح بتخزين البطاطس بعد الحصاد مباشرة أولا على درجة حرارة مرتفعة نسبياً (15-20° م) لعدة أيام لكي تلتئم الجروح السطحية لها ثم يلي ذلك نقل البطاطس وحفظها في الثلاجات . ويؤدي حفظ البطاطس بالتبريد على درجة حرارة + 5° م إلى منع التزريع ولكن تزداد نسبة السكريات بها نتيجة لتحلل النشا على درجة حرارة + 5° م ويمكن تحويل السكر المتكون مرة أخرى إلى نشا إذا تم رفع درجة حرارة البطاطس الى 10° م . لذلك يجب عند خروج البطاطس من الثلاجة في نهاية فترة التخزين عدم تسويقها مباشرة ولكن توضع في مخزن آخر أو في غرفة تبريد أخرى على درجة حرارة + 10 الى + 15° م لمدة 3-5 أيام لكي يتحول السكر المتكون إلى نشا مرة أخرى حيث أن إرتفاع نسبة السكر في البطاطس يؤدي لمشاكل التلون البني أثناء عمليات التحمير والقلي وفى صناعة تجميد البطاطس .

9- للتغلب على الإصابات الفطرية التي قد تحدث لبعض الفواكه مثل العنب والبرتقال أثناء تخزينها في الثلاجات فإنه يمكن استخدام بعض المضادات الفطرية مثل غاز SO_2 بتركيز 1% لمدة 30 دقيقة في بداية عملية التبريد ثم يكرر كل أسبوع ولكن مع خفض تركيز SO2 إلى 0.25% ، كما يمكن دهان عبوات البرتقال الفارغة بمادة مضادة للفطريات مثل ثيا بندازول (1 إلى 5 جم / لكل م2 من مساحة العبوات)

10- قد يستخدم الإشعاع كمعاملة إضافية للتبريد ولكن مازالت هناك قيود على تطبيقها للخضر والفاكهة حتى الآن وتم تطبيقها بحثياً على البطاطس والبصل لمنع التزريع أثناء الحفظ بالتبريد .

2/4/3/1/4 حفظ الأغذية الحيوانية بالتبريد :

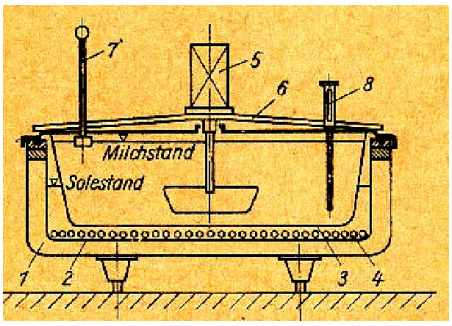
1-يجب التخلص من حرارة جسم الحيوانات أو الأسماك بسرعة بعد موتها لتجنب حدوث تدهور سريع فى جودتها . وبوجه عام يفضل تبريد اللحوم والأسماك لاقرب درجة حرارة ممكنة من نقطة تجمدها (حوالى - 1.5° م)

2-تعتبر الأسماك الطازجة أكثر عرضة للفساد عند حفظها بالتبريد من اللحوم ويستخدم فى تبريد الأسماك الثلج المجروش الذى لا يصلح لتبريد اللحوم . ويؤدى استخدام الثلج المجروش فى تبريد الأسماك لحدوث طراوة فى القوام كما يحدث تغير فى مظهر الجلد وقد تفقد الاسماك المخزنة بالتبريد نكهتها بعد اقل من اسبوع عند التخزين على درجة صفر° م .

3-تفقد الذبائح حوالى 2% من وزنها نتيجة فقد الرطوبة الذى يؤثر ايضا على مظهرها الخارجى. ويسمى هذا الفقد Shrinkage Loss ويؤدى ارتفاع الرطوبة النسبية فى مخازن التبريد لعلاج مشكلة فقد الرطوبة الى احتمال اصابة الذبائح بالفطريات اذا ما زادت الرطوبة النسبية عن 90% لذلك يقترح البعض اما تعديل تركيب جو غرف التبريد كما اشرنا من قبل أو استخدام مصابيح الاشعة فوق البنفسجية .U.V ذات الطول الموجى 2700 انجستروم فى غرف التبريد لما لها من تأثير قاتل على الفطريات ولو انها قد تؤدى لتزنخ دهن الطبقات الخارجية خاصة بطول فترة التخزين .

4-يفضل تخزين البيض على اقل درجة حرارة ممكنة فوق نقطة تجمده ويفضل أن تكون الرطوبة النسبية فى غرف تخزين البيض من 82 – 85%ويجب ان يؤخذ فى الاعتبار ان التركيب المسامى للبيض يؤدى لالتقاطه للروائح لذلك يفضل تخزينه بمفرده فى حجرات التخزين بالتبريد .

5- ينصح بتبريد اللبن مباشرة بعد الحصول عليه من الحيوان و تستخدم لهذه الغاية مبردات اللبن مختلفة أشكال و التصاميم. و يوضح الشكل رقم (4-10) رسماً توضيحياً لأحد مبردات اللبن السريع. و لقد انتشرت بشكل واسع المبادلات الحرارية ذات الألواح حيث تجرى فيها بالإضافة إلى عملية التبريد عملية البسترة و ترتفع نتيجة لذلك فاعلية الجهاز ككل نظرا لإستفادة الكاملة من الحرارة. كما تبرد الزبدة الحيوانية عادة إلى درجة حرارة تحددها فترة التخزين اللازمة، فلفترة تخزين حوالي 1,5 شهر ينصح بتبريد الزبدة إلى درجة حرارة – 2 إلى 0 °م و رطوبة نسبية 80 إلى 85 %.



1- وعاء معزول
2- محلول براين للتبريد
3- وعاء اللبن
4- أنابيب المبخر
5- مقلب
6- غطاء
7- حاسة قياس إلكترونية
8- ترمومتر

شكل (4-10): جهاز تبريد سريع للألبان.

الباب الرابع : حفظ الأغذية بدرجات الحرارة المنخفضة

الفصل الثاني: حفظ الاغذية بالتجميد Food Freezing

التجميد هو وحدة العمل التى يتم فيها خفض درجة حرارة المادة الغذائية إلى أقل من نقطة التجمد Freezing point من (صفر الى −3.5مْ) ويتحول جزء كبيرمن الماء داخل الغذاء من الصورة السائلة ليكون بللورات ثلجية . ويؤدى تحويل الماء الى بللورات ثلجية وما يعقبه من تركيز المواد الصلبة الذائبة فى الجزء السائل المتبقى من الماء الى خفض قيمة درجة النشاط المائى Water activity (a_w) للغذاء .

وينتج التأثير الحافظ بفعل كل من درجة الحرارة المنخفضة وانخفاض درجة النشاط المائى a_w وفى بعض الأغذية بفعل عملية السلق Blanching أيضا والتى تسبق عملية التجميد .

وتؤدى عملية التجميد والتخزين المجمد – إذا أجريت بدقة – إلى أحداث تغيرات طفيفة جداً فى القيمة الغذائية والخواص الحسية للغذاء .

1/2/4 نظرية التجميد Freezing Theory :

أثناء التجميد فانه يتم أولا إزالة الحرارة الملموسة من المادة الغذائية لخفض درجة حرارتها إلى نقطة التجمد وفى الأغذية الطازجة يتم أيضا إزالة الحرارة الناتجة عن التنفس ، وعند وصول درجة حرارة المادة الغذائية الى نقطة التجمد يتم إزالة الحرارة الكامنة للتجمد (البلورة) وتتكون بللورات الثلج وتعتبر الحرارة الكامنة لتكون بللورات الماء هى الجز الأكبر والأهم نظرا لاحتواء معظم المواد الغذائية على نسبة عالية جداً من الرطوبة كما أن الحرارة الكامنة لتجمد المكونات الأخرى مثل الدهون اقل من الماء . ويبين الجدول التالى(4−2) المحتوى الرطوبى لبعض الأغذية الهامة ونقطة التجمد لها

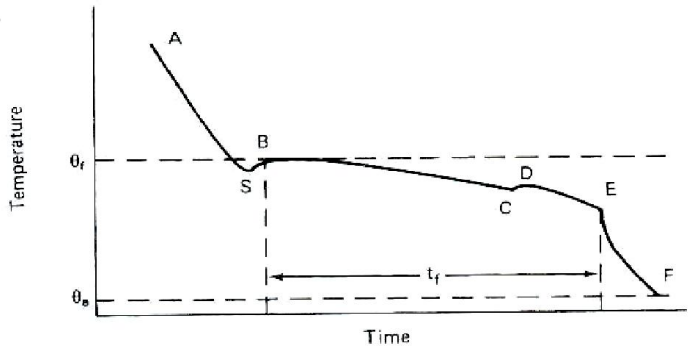
نوع الغذاء	المحتوى الرطوبى	نقطة المتجمد (ْم)
الخضروات	92−78	0.8− الى − 2.8
الفواكه	95−87	0.9− الى −2.7
اللحوم	70−55	1.7− الى − 2.2
الأسماك	81−65	0.6− الى −2
البيض	74	0.5−
اللبن	78	0.5−

ويتميز الماء بارتفاع قيمة الحرارة النوعية له (4.2 كيلو جول / كجم ْم) وارتفاع الحرارة الكامنة للتبلور (335 كيلو جول / كجم). لذلك فان آلة التجميد

تحتاج إلى طاقة كهربائية مرتفعة لتستطيع تجميد المادة الغذائية ، حيث تستخدم هذه الطاقة الكهربائية لتشغيل ضواغط (كباسات) آلات التجميد الميكانيكية أو لضغط وتبريد السوائل الكريوجينية المستخدمة فى التجميد السريع الفورى .

2/2/4 منحنى التجميد : Freezing curve

إذا وضع ترمومتر فى مركز المادة الغذائية لتتبع درجة حرارتها أثناء عملية التجميد (مركز المادة الغذائية = ابطأ نقطة فى انخفاض درجة الحرارة) فانه يمكن وصف التغير فى درجة الحرارة (عند ازالة حرارة المادة الغذائية) بالمسار المبين فى المنحنى التالى (منحنى التجميد):



شكل رقم (4–11): منحنى توضيحي لتجمبد الأغذية

ويتكون هذا المنحنى من 4 اقسام مميزة وهى :

AS : فى هذا الجزء يتم خفض درجة حرارة المادة الغذائية الى درجة حرارة اقل قليلا من نقطة التجمد لها (t_f) وعند النقطة (S) فان الماء يكون مازال فى الحالة السائلة برغم انخفاض درجة الحرارة عن نقطة التجمد . وتعرف هذه الظاهرة باسم "التبريد التحتى supercooling" ويمكن ان تصل قيمتها فى بعض الأحيان إلى مقدار 10 درجات مئوية اقل من نقطة التجمد ذاته.

SB : فى هذا الجزء تتخلص المادة الغذائية من البرودة الزائدة وترتفع درجة حرارتها سريعا لتقترب من درجة حرارة التجمد ويتم ذلك نتيجة لبدء تكوين بللورات الثلج وتتخلص الرطوبة داخل المادة الغذائية من الحرارة الكامنة اللازمة للتبلور .

BC: فى هذا الجزء يتم استمرار تخلص المادة الغذائية من الحرارة الكامنة للتجمد بمعدل مماثل للجزء السابق (SB) ولكن درجة الحرارة تظل ثابتة تقريبا عند درجة حرارة التجمد (t_f) ويحدث انخفاض طفيف وتدريجى فى نقطة تجمد t_f المادة الغذائية بتقدم عملية التبلور نتيجة لارتفاع تركيز المواد الذائبة فى الجزء

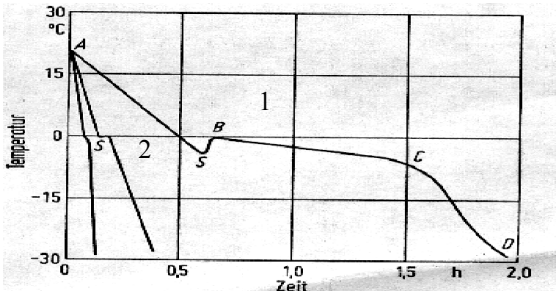
السائل المتبقى من الرطوبة. وفى هذه المرحلة BC يتم تبلور أكبر جزء من الماء الموجود بالغذاء، وعند النقطة (C) يكون تركيز أحد المواد الذائبة فى الغذاء (السكريات مثلا) قد زاد تركيزه فى الجزء الغير متبلور من الماء لدرجة ان هذه المادة ذاتها تتبلور وتسمى درجة الحرارة التى يبدأ عندها تبلور المادة المذابة (إضافة الى استمرار تبلور الماء) بدرجة حرارة التجمد المشتركة Eutectic temperature

CD: عند بداية هذه المرحلة يكون قد تم تبلور معظم الماء والمادة المذابة فى الغذاء ثم تبدأ درجة حرارة المادة الغذائية المجمدة فى الانخفاض السريع لتصل الى قرب درجة حرارة الة التجميد ذاتها (Ta) .

ولا تؤدى عملية التجميد مهما انخفضت درجة حرارتها الى تحويل كل الرطوبة فى المادة الغذائية إلى بللورات ثلج بل تظل هناك نسبة من الماء على صورة غير مجمدة وتتوقف كميتها على طبيعة الغذاء وتركيبه الكيماوى ودرجة حرارة تخزين الغذاء بعد تجميده (وعلى سبيل المثال فان نسبة بللورات الثلج عند التخزين على درجة حرارة – 20مْ هى 88% للحم البتلو،91% للاسماك ، 93% لألبيومين البيض.

ويتوقف الزمن الكلى اللازم لتجميد المادة الغذائية (t_{fr}) على المعدل الذى يتم به إزالة وامتصاص الحرارة من المادة الغذائية.

ويمكن تقسيم طرق التجميد – بناء على الزمن الكلى اللازم للتجميد – الى ثلاثة طرق كما هى موضحة بالشكل رقم (4–12)



1. التجميد البطىء
2. التجميد السريع
3. التجميد الصارخ

شكل رقم (4–12): طرق تجميد الأغذية

أ–التجميد البطئ Slow freezing : وفى هذه الطريقة يستغرق زمن التجميد عدة ساعات تصل إلى 48 ساعة وبالتالى يمكن تمييز جميع مراحل

التجميد الأربعة السابق ذكرها ويسمى هذا المنحنى بمنحنى التجميد البطئ ويكون حجم بللورات الثلج المتكونة داخل الغذاء كبيرة نسبياً وعددها محدود وتسبب هذه الطريقة مشاكل فى قوام المادة الغذائية المجمدة عند صهرها .

ب–التجميد السريع Fast freezing : ويستغرق زمن التجميد مدة قصيرة تصل إلى 90 دقيقة ويسلك منحنى التجميد خطاً مائلا حاداً ويصعب التعرف على مراحل التجميد الأربعة وتتكون بالمادة الغذائية بللورات صغيرة الحجم كثيرة العدد ولا تسبب مشاكل فى قوام الغذاء المجمد عند صهره .

ج–التجميد الصارخ Cryogenic Freezing : ويستغرق زمن التجميد مدة قصيرة جداً لا تتجاوز 20 دقيقة وبأخذ منحنى التجميد شكلاً حاداً جداً شبه خط مستقيم مائل ولا يمكن التعرف على مراحل التجميد ويتكون عدد كبير جداً من البللورات الثلجية متناهية الصغر داخل المادة الغذائية وتصلح هذه الطريقة لعدد محدود من المواد الغذائية .

مزايا التجميد السريع للأغذية :

بالإضافة الى كل من عدد وحجم بللورات الثلج المتكونة فان التجميد السريع يتميز عن التجميد البطئ بالمميزات الإضافية التالية :

أ– تتكون بالتجميد السريع بللورات ثلجية صغيرة وهشة ولذلك يقل التحطيم الميكانيكى للخلايا والأنسجة النباتية والحيوانية من فعل بللورات الثلج .

ب– تكون مدة (زمن) التجميد قليلة مما لا يعطى فرصة لهجرة الرطوبة (الماء) من داخل الخلايا الى خارجها أثناء عملية التجميد .

ج–كذلك هناك ضمان أكثر لمنع نمو البكتريا (خاصة المحبة للبرودة) عند انخفاض درجة الحرارة أثناء التجميد السريع كما يتم إبطاء الفعل الانزيمى الضار بدرجة أسرع .

د–ولو أن التكاليف اللازمة لإنشاء وحدات التجميد السريع أكبر الا انه يمكن تجميد عدد أكبر من دفعات الأغذية فى زمن قليل نسبياً .

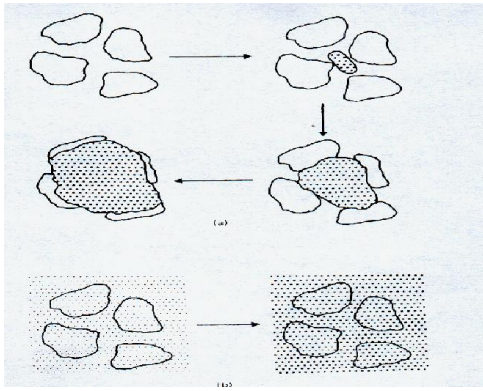
3/2/4 أهم الظواهر التى تحدث للمادة الغذائية عند تجميدها :

يمكن تلخيص أهم الظواهر التى تحدث للمادة الغذائية عند تجميدها فى 3 ظواهر طبيعية أساسية هى :

أ–تكوين بللورات الثلج : ويتوقف عدد وحجم بللورات الثلج المتكونة على درجة الحرارة أثناء التجميد والتى تؤثر فى كل من :

1–معدل تكوين الانوية الثليجة أو ما يسمى بعملية التنوية Nucleation.

2–معدل نمو الانوية الى بللورات ثلجية Ice crystal growth وهاتان الظاهرتان هما اللتان تحددان عدد البللورات الثلجية المتواجدة داخل الخلية وخارجها كما هو موضح بالشكل رقم (4–13):



شكل (4–13):
تأثير طريقة التجميد على شكل و حجم بلورات الثلج
أ– تجميد بطيء
ب– تجميد سريع

ب– تركيز المادة المذابة Solute concentration :

تؤدى الزيادة فى تركيز المادة المذابة أثناء عملية التجميد الى تغير فى كل من رقم ال pH واللزوجة والقدرة الاختزالية redox potential للسائل المتبقي الغير متجمد وأثناء انخفاض درجة الحرارة فان بعض المواد المذابة تصل الى حالة تركيز التشبع وتتبلور هى الأخرى وتسمى درجة الحرارة التى يحدث عندها أتزان بين بللورة احد المواد المذابة والسائل الغير متجمد والثلج باسم درجة الحرارة الاتزانية (درجة حرارة التجمد المشتركة) eutectic temperature (تقدر درجة الحرارة هذه للجلوكوز على سبيل المثال بـ–5ْم وللسكروز –14ْم ولكلوريد الصوديوم – 21.13ْم ولكوريد الكالسيوم –55ْم). وبالرغم من ذلك فانه من الصعب تحديد درجات الحرارة الاتزانية للخليط المعقد من المواد المذابة فى الغذاء ولذلك يستعمل اصطلاح درجة الحرارة الاتزانية النهائية final eutic temperature ،و هو يعبر عن اقل درجة حرارة اتزانية لمجموع المواد المذابة فى الغذاء (على سبيل المثال للايس كريم = –55ْم ، للحوم = –50ْم إلى – 60ْ م وللخبز = –70ْم) . ويصعب التوصل إلى الحد الأقصى لتكوين بللورات الثلج بدون التوصل الى درجات الحرارة المشار إليها . وفى التجميد التجارى لا يمكن التوصل الى درجات الحرارة الشديدة الإنخفاض لذلك يظل جزءاً من الماء غير متبلوراً .

ج– التغير فى الحجم Volume change :

يزيد حجم الثلج بمقدار 9% عن حجم الماء النقى لذلك فانه من المتوقع أن يزداد حجم المادة الغذائية بعد تجمدها وتتوقف درجة التمدد على العوامل التالية :

(1)المحتوى الرطوبى (حيث أن ارتفاع المحتوى الرطوبى يزيد من التغير فى الحجم)

(2)ترتيب الخلايا داخل الأنسجة : حيث أن خلايا الأنسجة النباتية تحتوى على فراغات بينية وقنوات شعرية حيث تمتص هذه الفراغات الزيادة التى تحدث فى حجم الخلايا بدون أن يظهر تغير كبير فى الحجم الكلى الخارجى للغذاء (على سبيل المثال يزداد حجم الفراولة الكاملة بمقدار 3% بينما يزداد حجم الفراولة المقطعة بمقدار 8.2% عند تجميد كل منهما الى درجة حرارة -20°م)

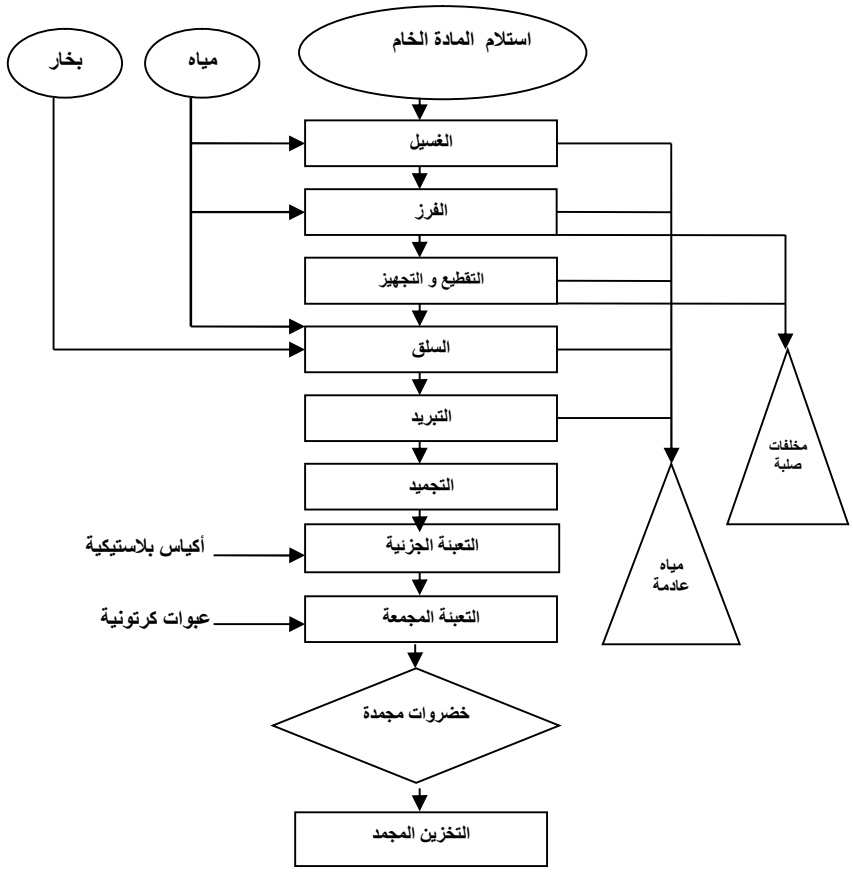
(3)تركيز المادة المذابة (زيادة تركيز المادة المذابة يحدث انخفاضا فى نقطة التجمد مما يقلل من كمية الماء المتجمد على درجات حرارة التجميد التجارية وهذا يقلل من حجم التمدد .

(4)درجة حرارة جهاز التجميد (حيث أنها تحدد كمية الماء الغير متبلور وبالتالى درجة التمدد. كما أن كل من بللورات الثلج والدهون والمواد المذابة تنكمش بانخفاض درجة الحرارة مما يقلل من حجم الغذاء) .

4/2/4 خطوات تجميد المواد الغذائية :

يوضح الشكل التخطيطى التالى (4-14) مسار عملية التجميد لمعظم الخضروات: و يشتمل مصنع تجميد الخضروات على عدة خطوط تؤدي جميعها في النهاية الى جهاز التجميد و يختص كل منها بتجهيز و اعداد نوع معين من الخضروات و يمكن تلخيص هذه الخطوط بايجاز فيما يلي:

- **خط إعداد و تجهيز الخضروات الورقية مثل السبانخ و الملوخية**
- **خط إعداد و تجهيز البامية و الخرشوف**
- **خط إعداد و تجهيز الفاصوليا الخضراء**
- **خط الخضروات الدرنية و الجذرية لتجميد البطاطس و القلقاس والجزر.**
- **خط البسلة**
- **خط الفراولة**



شكل (4-14): مسار عملية التجميد لمعظم الخضروات

و يمكن لمصنع التجميد أن يعمل طوال السنة لتجميد أنواع مختلفة من الخضروات و ذلك في دورات تشغيل يتوقف مدة الدورة الواحدة على طول موسم حصاد المنتج و بالتالي يمكن أن تبلغ عدد أيام لتشغيل 252 يوم في السنة(حوالي 9 شهور أيام عمل) و تكون المدة الباقية عبارة عن عطلات وأعمال صيانة وإحلال و تحديد و يوضح الجدول التالي(4-3) نموذجا لتشغيل دورات تجميد أنواع مختلفة من الخضرو الطاقة الإنتاجية في كل دورة و كمية المادة الخام اللازمة.

جدول (4-3): دورات تشغيل مصنع التجميد على مدار السنة

Estimated production data / Product	Annual production tons/year	Working days	Yield (approx.) %	Required raw product tons/year	Harvest seasons for North Africa: January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
Okra	135	21	75	180												
Cauliflower	135	21	70	195												
Broccoli	135	21	65	208												
Artichokes	100	21	20	495												
Moloukkia	75	21	75	100												
Green beans	200	21	70	288												
Carrots	250	21	50	500												
Potatoes	250	21	60	420												
Peas	335	21	45	742												
Bell peppers	170	42	60	280												
Strawberries	250	21	90	270												
Total	2,035	252		3,978												

5/2/4 الخطوات العامة وأجهزة إعداد وتجهيز الخضر والثمار للتجميد :

تشمل الخطوات العامة اللازمة لإعداد وتجهيز الخضر والثمار للتجميد كل من :
1-التنظيف والغسيل . 2-الفرز والتدريج .
3-التقشير . 4-التقطيع وتصغير الحجم . 5-السلق .
وسوف يختص الجزء التالى بشرح الهدف من هذه العمليات ووصف لبعض الأجهزة المستخدمة فى أدائها .

1/5/2/4 التنظيف والغسيل :

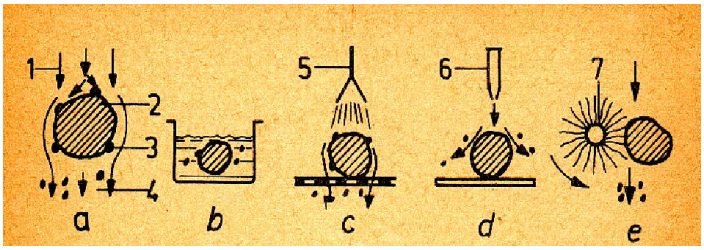
الهدف من عملية التنظيف والغسيل هو إزالة المواد العالقة على السطح الخارجى للثمار مثل الأتربة والقش والطين والأجزاء الغريبة وكذلك المواد المترسبة على سطح الثمار أثناء العمليات الزراعية مثل بقايا المبيدات الحشرية والأسمدة وذلك للحصول على مادة خام نظيفة لعملية التصنيع . كما أن عملية الغسيل يمكن أن تساعد على تخفيف الحمل الميكروبى من على سطح الثمار إذا أجريت بدقة وبطريقة تضمن تجديد ونظافة المياه المستخدمة فى الغسيل كما يمكن لخطوة الغسيل أن تساعد على إتمام كفاءة الخطوات التصنيعية التالية لها مثل التقشير حيث تساعد عملية الغسيل على ترطيب الطبقة السطحية الغنية بالألياف مثل قشور البطاطس وبالتالى يسهل فصل وإزالة هذه الطبقة فى خطوات تصنيعية تالية . ويستخدم الماء النقى الطازج فى الغسيل وقد يضاف اليه حمض هيدروكلوريك بنسبة 0.2- 1% إذا كانت نسبة المبيدات الحشرية المتبقية على سطح الثمار عالية كما يمكن استخدام صودا كاوية بتركيزات لا تزيد عن 3% لتطرية وغسيل سطح الثمار وتسهيل فصل المواد اللاصقة على السطح أو يضاف احد مركبات الكلور بتركيزات لا تزيد عن 0.5 % للماء للتخلص من الحمل الميكروبى .

وتستغرق مدة الغسيل من 2 الى 12 دقيقة طبقا لدرجة حموله المواد الغريبة والعالقة على سطح الثمرة ودرجة حرارة المياه المستخدمة وطريقة تحريك المياه داخل آلة الغسيل. ويتم تحريك المياه والثمار داخل آلة الغسيل أما بدفع هواء إلى الماء داخل الآلة أو باستخدام مضخات ملحقة بالة الغسيل لسحب المياه وترشيحها ثم إعادة دفعها إلى الآلة أو بإحداث موجات اضطرابية للمياه داخل آلة الغسيل باستخدام الموجات فوق الصوتية. وتحتوى مياه الغسيل العادمة (المستخدمة) على مواد صلبة ذائبة وغير ذائبة يمكن فصلها والاستفادة منها وبالتالى تقليل الحمل البيئى لهذه المياه .
ويمكن اجراء عملية التنظيف والغسيل بطريقتين أساسيتين :

أ–التنظيف الجاف باستخدام فرش أو تيار غاز (هواء) مدفوع لتنظيف الطبقة السطحية .

ب–الغسيل باستخدام المياه أو محاليل غسيل .

ويوضح الشكل رقم (4–15) مبدأ عمل آلات التنظيف والغسيل .



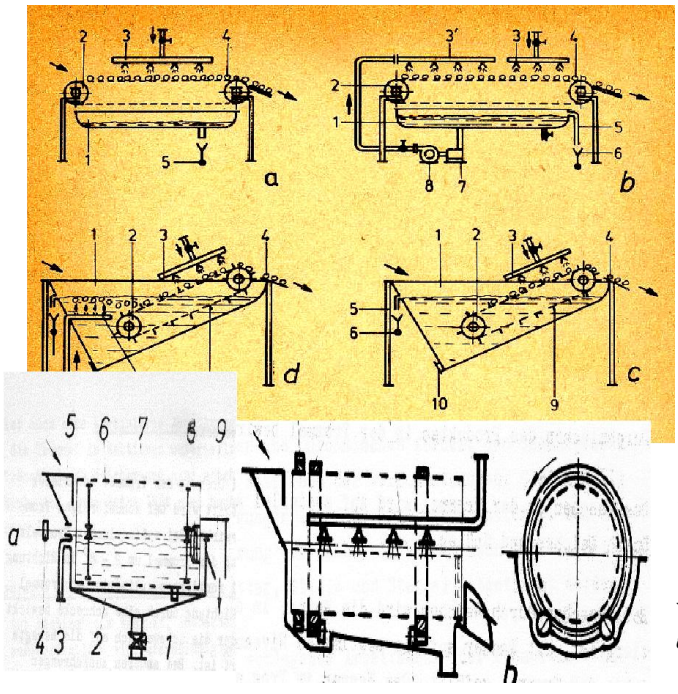
شكل رقم (4–15): مبـــدأ عمـــل آلات التنظيف والغسيل

a) مبدأ عملية التنظيف والغسيل للطبقة السطحية. b) الغسيل بالغمر c) الغسيل بالرش d) التنظيف بالهواء المدفوع e) التنظيف بالفرش.

1–اتجاه تيار الماء . 2–الثمرة . 3–مواد عالقة 4–مياه غسيل عادمة .

5–رشاش ماء . 6–نافخ هواء . 7–فرشة .

كما يوضح الشكل رقم (4–16) نماذج تخطيطية لبعض آلات الغسيل المستخدمة فى مصانع الأغذية .



شكل رقم (4–16): بعض آلات الغســيل المســتخدمة فى مصانع الأغذية .

a) آلة الغسيل ذات السير وتتكون من:–

1–حـوض لتجميـع الميـاه العادمة . 2–سير مثقب

3–بطارية أدشاش .

4–الثمـــارالمطلوب غســـلها .

5–فتحة قناة الصرف .

b) آلـــة غســـيل ذات ســـير ثنائيـــة الاســـتخدام للميـــاه وتتكون من:

1–حوض لتجميع المياه العادمة . 2–سير مثقب . 3–بطارية ادشاش اولى .

4–بطارية ادشاش ثانية . 5–الثمار المطلوب غسلها .
6–ماسورة صرف مياه طافية . 7–فتحة قناة الصرف .
8–مرشح مياه . 9–مضخة إعادة دفع المياه .

c) آلـة غسـيل ذات سـير مائـل ناقـل وثنائيـة الاسـتخدام للميـاه الخارجـة مـن الادشاش لاستكمال الغسيل فى حوض الآلة وتتكون من :

1–حوض غسيل . 2–طارة للسير المائل . 3–بطارية أدشاش .
4 –الثمار المطلوب غسلها 5–ماسورة لصرف المياه الطافية .
6–فتحة مؤدية لقناة الصرف . 7–سير ناقل مائل .
8–فتحة لتنظيف الحوض وسحب الرواسب .

d) آلـة غسيل ذات سير مائل ناقل وتحتوى بالإضافة لما جاء فى الآلـة (C) على ضاغط هواء (12) وماسورة مثقبة (11) لدفع الهواء داخل مياه الحوض .

e) آلة الغسيل البرميلية والاسطوانية وتستخدم فى غسيل الثمار الصلبة ويوجد منها نوعان هما:–

(أ) الة غسيل برميلية بالنقع. (ب) الة غسيل برميلية بالرشاشات

و تتكون الة الغسيل الاسطوانية بالنقع من:

1–فتحة صرف للمياه العادمة مزودة بمحبس. 2–حوض لمياه الغسيل.
3–ماسورة لصرف المياه الطافية . 4–موتور لدوران الاسطوانة البرميلية
5–فتحة دخول الثمار لإلة الغسيل . 6–اسطوانة برميلية مثقبة.
7–عامود إدارة (غير ظاهر). 8–جاروف تفريغ للثمار.
9–فتحة خروج الثمار بعد الغسيل

2/5/2/4 الفرز والتدريج :

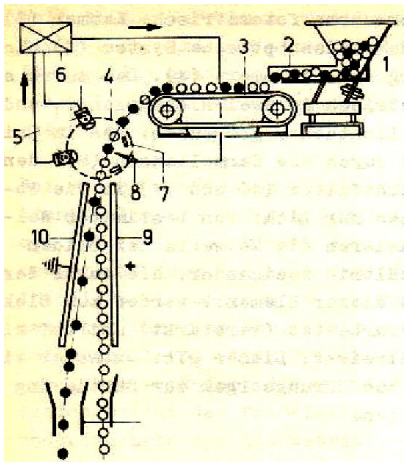
الفرز: الهدف من عملية الفرز هو فصل الأجزاء التالفة من الثمار السليمة المعدة للتصنيع وكذلك الأجزاء التى لا تتوفر فيها الصفات والخواص النوعية المطلوبة اما التدريج فهو يعنى فصل مجموعة الثمار السليمة إلى درجات حجمية مختلفة ويتم التدريج عادة إلى ثلاثة إحجام مختلفة المقاسات وذلك بهدف الحصول على منتج نهائى متجانس فى الحجم والشكل والجودة .

ويستخدم فى الفرز السيور الناقلة المزدوجة أو الثلاثية . وفى السيور الثنائية يكون السير العلوى مخصص لنقل الثمار السليمة والسير السفلى يكون اتجاه سريانه مضاد ومخصص لنقل نواتج الفرز الغير مرغوبة أما فى السيور الثلاثية فيتم دفع كتلة الثمار المطلوب فرزها على سيرين يكون كل سير أمام مجموعة من عمال الفرز وفى المسافة الوسطية بين السيرين يكون هناك سير ثالث يتم فيه تجميع

الثمار المفروزة والتى يقوم برفعها عمال الفرز من السيرين الأساسيين والقائها على السير الوسطى والذى ينقل نواتج الفرز الى مسار منفصل عن الثمار السليمة. بالإضافة لذلك يمكن ان يتم فرز الثمار طبقا للأسس التالية:

الفرز طبقا للكثافة : حيث تكون كثافة الثمار هى الفيصل فى تحديد الثمار المرغوبة للتصنيع والثمار غير المرغوبة وتطبق هذه الطريقة فى فرز البسلة إلى بسلة طرية سكرية وبسلة مرتفعة النشا غير مرغوبة ويستخدم لذلك أحواض فرز أو محلول ملحي مخفف تغمر فيها البسلة المطلوب فرزها وحيث أن كثافة البسلة السكرية لا تزيد عن 1.05 جم / سم3 فتطفو على السطح أما البسلة النشوية ذات الكثافة الاعلى فترسب فى القاع .

الفرز الضوئى والكهربى : يمكن فرز الثمار طبقا للون باستخدام إلة فرز ضوئية كهربية كما هو موضح بالشكل رقم (4-17) :



شكل (4-17):الة الفرز الضوئي الكهربي

1-قادوس تغذية . 2-ناقل هزاز . 3-سير ناقل .

4-غرفة الضوء. 5-حاسة استقبال شارة الضوء المنعكس .

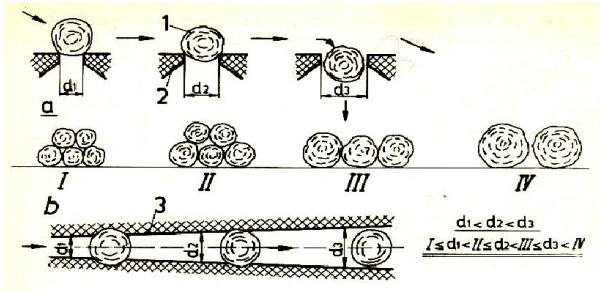
6-جهاز الكتروني لتحويل وتضخيم فرق إشارة الضوء .

7-أقراص لونية قياسية . 8-نافخ هواء . 9-أنبوب الفرز 10-ثمار غير مطابقة لونياً .

وفى هذه الإلة يتم دفع الثمار من قادوس التغذية عبر ناقل هزاز إلى أنبوبة (ماسورة) الفرز بحيث يتم التحكم فى سرعة مرور الثمار عن طريق ضبط زاوية ميل الأنبوب ، وفى نهاية هذا الأنبوب تمر الثمار منفردة عبر غرفة الضوء وتزود غرفة الضوء بلمبات اضاءة يمكن التحكم فى شدة ونوع الضوء الصادر منها طبقا لنوع الثمار المطلوب فرزها ، كما يوجد بها أقراص لونية قياسية وحاسات لاستقبال شدة الضوء المنعكس من كل من الثمرة والقرص القياسي ثم تقارن قيمة كل منهما ، فاذا كان هناك فرق فى القيمة (أى أن لون الثمرة يختلف عن لون القرص اللوني القياسي) فان هذا الفرق فى قيمة الضوء المنعكس تتحول إلى إشارة كهربية يتم تضخيمها حيث تؤثر هذه الإشارة الكهربية المضخمة فى تشغيل نافخ هواء يدفع تيار شديد من الهواء لدفع الثمرة الغريبة اللون بعيدا حيث تأخذ مسارا آخر وتفرز بعيدا عن مسار الثمار المطابقة اللون وتتم كل هذه العملية فى مدة لا تزيد عن 1/1000من الثانية . وحديثا استخدمت كاميرات فيديو لتصوير الثمرة بالكامل أثناء مرورها على سير

الفرز وتنقل الصورة فوراً إلى شاشة كمبيوتر حيث تظهر صورة الثمرة بالكامل بجميع ألوانها(الشق الأحمر والأخضر والأزرق) (ثم يقارن اللون الصادر من الثمرة مع قيم قياسية تم إدخالها مسبقا في ذاكرة الكمبيوتر، وعند وجود فرق فى قيم اللون تخرج إشارة من الكمبيوتر يتم تضخيمها الكترونيا لتشغيل نافخ هواء مثبت عند سير الفرز أمام نقطة فحص الثمرة حيث يدفع الثمرة الغريبة اللون عن مسار الثمار المطابقة ، وتستخدم هذه الطريقة فى الثمار عديدة اللون .

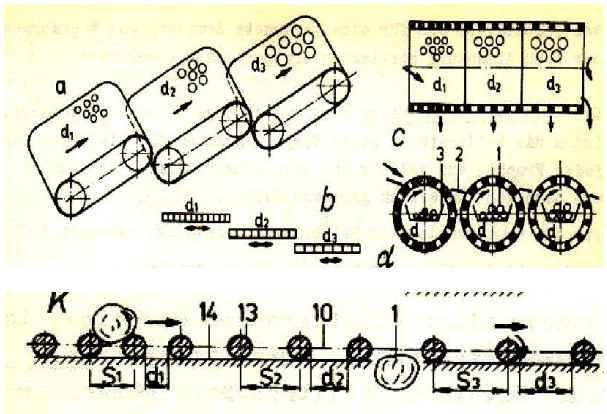
التدريج: تبنى نظرية عمل أجهزة التدريج كما هو موضح بالشكل رقم (4-18) على أساس احتوائها على فتحات ذات مقاسات محددة " d ". و لتدريج الثمار يتم دفعها للمرور خلال هذه الفتحات حيث تفصل الى مجموعات يبلغ عددها " n " مجموعة ذات مقاسات وأحجام مختلفة وتمر الثمار (1) عبر الفتحة الأصغر إلى الفتحة الأكبر(2)، فإذا كان حجم الثمرة اصغر من حجم الفتحة فإنها تسقط من خلالها وتكون مجموعة من ثمار متجانسة الحجم ، أما إذا كان حجم الثمرة أكبر من الفتحة فإنها تستمر فى المرور إلى الفتحة الأكبر التالية وهكذا حتى الفتحة الأخيرة ، وما يتبقى من الثمار بعد الفتحة الأخيرة يعتبر المجموعة ذات الأكبر حجما .



شكل (4-18): أساس عمل أجهزة التدريج : 1. أجهزة تدريج مرحلية
2.أجهزة تدريج مستمرة

وأهم أجهزة التدريج المستخدمة فى تصنيع الخضر والفاكهة بالتجميد والتعليب كما هو موضح بالشكل رقم (4-19) هى:

a- جهاز تدريج ذوسيور
b- سير تدريج مطاطي هزاز
c- أسطوانة تدريج مثقبة
k- جهاز تدريج ثمار ببكرات دوارة



شكل (4-19): بعض أجهزة التدريج

- أجهزة التدريج ذات السيور : وهى تتكون من مجموعة من

السيور المثقبة المتعاقبة وتكون مقاس ثقوب كل سير مختلفة (أصغر) من مقاسات ثقوب السير التالى وتستخدم هذه الطريقة فى تدريج البطاطس .

-**أجهزة التدريج البرميلية (الاسطوانية)** : وتتكون من اسطوانة مثقبة دوراه ومقسمة إلى عدة مناطق كل منطقة منها ذات سعات ثقوب مختلفة وقد تكون هذه الثقوب دائرية أو بيضاوية أو مربعة أو مشقوقة وقد تستخدم للتدريج عدة اسطوانات متتالية من هذا النوع بدلا من أسطوانة واحدة وتنقل الثمار من اسطوانة إلى أخرى بالانزلاق على لوح معدنى مائل فى المسافات بين الاسطوانات ويتم تجميع مجموعات الثمار المتساقطة فى أوعية خاصة تحت كل مجموعة متجانسة من الثقوب .

-**أجهزة التدريج ذات البكرات** : يتكون هذا الجهاز من عدة بكرات بلاستيكية عرضية حرة الحركة دوارة ومركبة على جنزير مزدوج ناقل وتتدرج المسافات بين البكرات بحيث تكون صغيرة فى البداية وكبير فى النهاية . وأثناء مرور الثمار يتم تقليبها بواسطة البكرات عدة مرات حول جميع محاورها وتسقط فى المسافة بين البكرتين التى تمثل طول اقل بعد للثمرة . وقد تركب هذه البكرات على سيور ناقلة بدلا من الجنازير حيث تركب البكرات طوليا على السير بإرتفاعات مختلفة عن سطح السير ويتم تدريج وفصل الثمار طبقا للمسافة المحصورة بين سطح السير والبكرة .

- **هناك أنواع أخرى من أجهزة التدريج منها :**

- جهاز التدريج ذو الحبلين المتباعدين فى المسافات ويدور الحبلين حول محورهما لتحريك الثمار طول الحبلين .
- جهاز التدريج المخروطى : ويتكون من مخروطين متباعدين يدوران حول محورهما وتدخل الثمار من جهة الأطراف العريضة للمخروطين حيث المسافة البينية ضيقة وتتحرك الثمار إلى الطرف المدبب للمخروطين (حيث المسافة البينية واسعة)

3/5/2/4 التقشير : Peeling

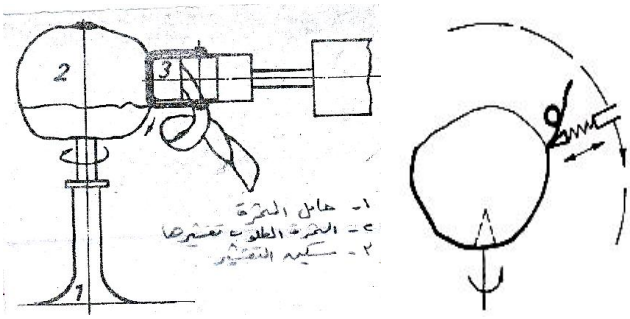
الهدف من التقشير هو إزالة الأجزاء الغير مرغوبة أو الغير صالحة للاستهلاك وتحسين مظهر المنتج النهائى ويجب الأخذ فى الاعتبار خفض التكاليف والفاقد فى هذه العملية بتقليل سمك الطبقة المزالة وخفض مقدار الطاقة للتشغيل والعمالة والتكاليف اللازمة للتشغيل . كما يجب أن يكون سطح الثمار بعد التقشير نظيفا ولا يوجد به أى تلف .

ويمكن أن تجرى عملية التقشير بالطرق التالية : -

-التقشير بالسكاكين يدويا أو ميكانيكيا . -التقشير بالبخار يدويا أو ميكانيكيا.
-التقشير بالاحتكاك الثمار مع سطح خشن . -التقشير باستخدام المحاليل القلوية
-التقشير باستخدام اللهب .
وفيما يلى وصفا لنظرية عمل كل طريقة وبعض الآلات المستخدمة بها .

1/3/5/2/4 التقشير باستخدام السكاكين الميكانيكية:

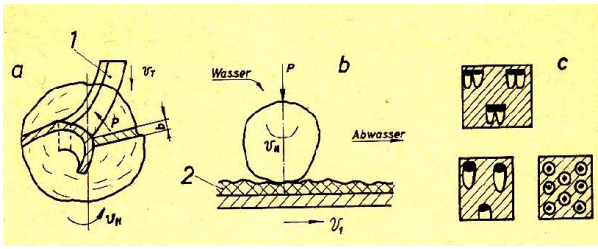
أ-**التقشير السطحى (الكنتورى)** شكل رقم (4-20)



شكل (4-20):
التقشير السطحي الكنتوري

فى هذه الطريقة تثبت الثمرة على حامل يدور حركة دورانية ويتعرض سطحها لسكين زنبركى يضغط على قشرة الثمرة طبقا لشكلها الخارجى ويؤدى إلى فصل القشرة أثناء دوران الثمرة ، وتستخدم هذه الطريقة لتقشير التفاح والكمثرى والموالح ويجب أن تكون الثمرة صلبة ومنتظمة وقطرها يتراوح بين 5.5 – 10 سم ويستكمل التقشر يدويا بالسكاكين .

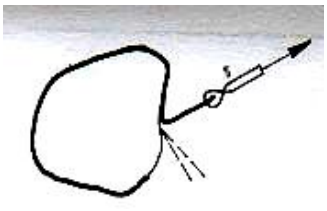
ب-**التقشير باستخدام الألواح المسننة:** شكل (4-21)



شكل (4-21): مبدأ التقشير باستخدام الألواح المسننة

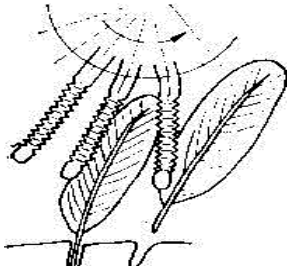
تختلف هذه الطريقة عن طريقة التقشير بالاحتكاك بأنها لا تحتاج لتيار ماء أثناء عملية التقشير لذلك يطلق عليها " التقشير الجاف" وتحتوى ألواح التقشير كما هو موضح بالشكل على بروز سكينية حادة مدببة أو دائرية وتتحرك هذه السكاكين أثناء التشغيل فى الآلة حركة ترددية علوية وسفلية أو دورانية حسب تصميم اللوح كما تتحرك الثمرة المطلوب تقشيرها حركة دورانية متلامسة مع الألواح فيتم التقشير بنزع الطبقة الجلدية وتستخدم هذه الطريقة فى تقشير البطاطس.

ج-**نزع الطبقة السطحية بالشد:** شكل رقم(4-22)



تتم هذه العملية بتسليط قوة شد كافية على جلد ملتصق لازالته وتستخدم لنزع جلود الذبائح ويؤدى الشد الزائد الى خفض جودة الجلد الناتجة وخصوصا إذا حدث تمزق أو شق فى الجلد. شكل رقم (4–22): نزع الطبقة السطحية بالشد

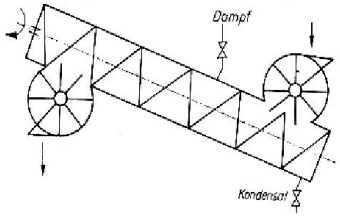
د–نزع الريش شكل رقم(4–23) :



تتم هذه العملية بواسطة مضارب إصبعية حلزونية من المطاط حيث تنزع الريش والنتوءات الموجودة على جلد الذبيحة ، وتركب الأصابع على درفيلين(اسطوانتين) يدوران بواسطة موتور وسير نقل حركة من الموتورالى الاسطوانيتين ويمكن ضبط الفتحة بين الاسطوانتين للتناسب مع حجم الذبيحة

شكل (4–23):نزع الريش

2/3/5/2/4 التقشير باستخدام البخار شكل رقم 4–24:



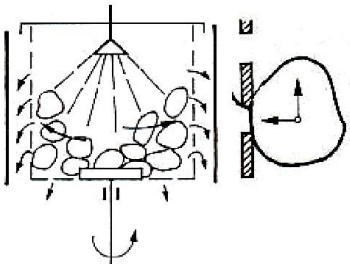
شكل (4–24): مبدأ و جهاز التقشيربالبخار

الهدف من هذه العملية هو احداث دنترة سطحية للمادة الغذائية عن طريق التأثير الحرارى حيث تصبح هذه الطبقة طرية يسهل فصلها فيما بعد وتستخدم هذه الطريقة لتقشير البطاطس والجزر والكمثرى بواسطة البخار حيث يتم ادخال البخار الى وعاء ضغط اسطوانى مزود بناقل حلزونى داخلى ويدور بسرعة من 4 – 6 لفات / دقيقة.

ويستخدم بخار ضغطه المطلق من 10 – 15 بار حيث يساعد دوران الاسطوانة فى تعرض كل سطح الثمار للبخار لمدة من 15 – 30 ثانية حيث يسخن سطح الثمرة بسرعة بدون أن يسخن لب الثمرة ذاتها لدرجة حرارة عالية مما يحافظ على قوام ولون الثمرة ذاتها وبعد انتهاء مدة المعاملة يتم تخفيف الضغط داخل الجهاز فجأة فيحدث فك لالتصاق الجلد من على لب الثمرة ويتم إزالة الجلد المتفكك بعد ذلك باستخدام المياه ويمكن للألة أن تقوم بتقشير ما يقرب من 4500 كجم من الثمار فى الساعة الواحدة .

3/3/5/2/4 التقشير بالاحتكاك :

الأساس فى هذه الطريقة هو احتكاك جلد الثمرة مع سطح خشن ويوجد منه نوعان .



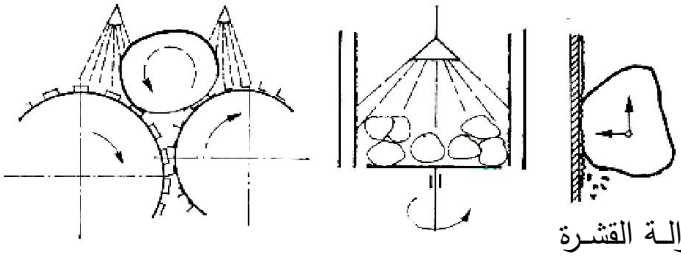
أ–التقشير بالاحتكاك مع الأقراص المثقبة شكل (4–25)

شكل (4–25): مبدأ و طريقة التقشير بالاحتكاك مع الأقراص المثقبة

حيث تحتك قشرة الثمرة مع البروزات الحادة لثقوب القرص

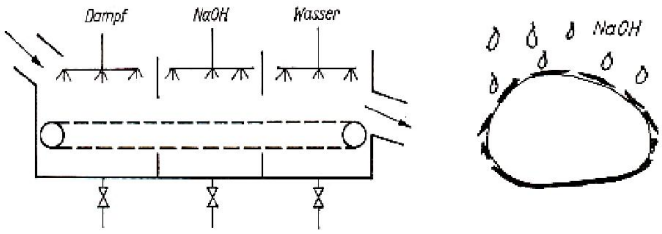
ويتم إزالتها تدريجيا ويوجد منها: قرص التقشير المثقب الدوار ، أجهزة التقشير المثقبة البرميلية. ويستخدم الماء لتقليل عملية الاحتكاك وطرد القشور الناتجة خارج الجهاز. وتستخدم هذه الأجهزة لتقشير البطاطس والجزر ويكون نسبة الفاقد فيها عالية وتتوقف على شكل الثمرة وتعتبر درجة صلابة الثمرة هى العامل المحدد لاستخدام هذه الطريقة ، ويلزم استكمال عملية التقشير يدويا لإزالة بقايا القشور

ب–التقشير باستخدام الكربوراندیوم شكل رقم (4–26):



شكل(4–26): مبدأ وأجهـــــزة التقشـــــير بالكاربوراندیوم

فـى هـذه الطريقـة يـتم إزالـة القشـرة عن طريق الاحتكاك مع السطح الخشن لطبقة الكربوراندیوم الموجودة على جدران وفى قاع برميل جهاز التقشير ويستخدم الماء لطرد الأجزاء المتقطعة ، كما يمكن استخدامها على الناشف لتقشير كل من الأرز والشعير والبقوليات وتستخدم هذه الطريقة لتقشير البطاطس والجزر والبصل ويعتبر الفاقد عاليا نظراً لعدم تماثل شكل المادة الغذائية . وبالإضافة إلى الأجهزة التى تعمل على دفعات فانه يوجد أجهزة تقشير مستمرة باستخدام الكربوراندیوم .



شكل(4–27): مبدأ وجهاز التقشير بالقلوي

4/3/5/2/ التقشير بالقلوى:

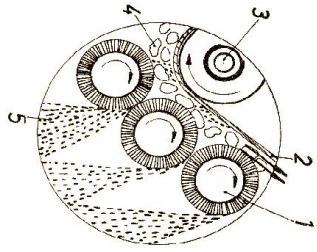
فى هذه الطريقة يتم تهتك القشرة والطبقة السطحية للثمار باستخدام الصودا الكاوية بتركيز 1–2% ودرجة حرارة 100

–120˚ م والتى تعمل على ذوبان المواد البكتينية الموجودة بالقشور مما يسهل فصلها ثم يلى ذلك غسيل الثمار بالماء ومعادلتها باستخدام حمض مخفف (كما هو موجود فى الشكل التخطيطى للآلة المستخدمة) وتستخدم هذه الطريقة لتقشير البطاطس والكمثرى والجزر .

5/3/5/2/4 التقشير باللهب: شكل (4–28)

الهدف من هذه العملية هو إحداث حرق سطحى لقشرة الثمرة ، وتتم هذه العملية باستخدام لهب وغازات ساخنة تصل درجة حرارتها الى 1100 م تتعرض لها الثمرة لمدة لا تزيد عن 6 ثوان أثناء انتقالها **شكل (4–28): التقشير باللهب**

على سير سريع وذلك لحرق الأجزاء السطحية وتستخدم هذه الطريقة فى تقشير بعض الثمار مثل البصل والثوم والفلفل والبطاطس ، كما تستخدم فى حرق الشعيرات الدقيقة لذبائح الدواجن .



6/3/5/2/4 استكمال عملية التقشير: فى جميع الطرق السابقة لا يتم نزع القشرة بالكامل من على سطح الثمرة ، لذلك لابد من استكمال عملية التقشير أما يدويا أو آليا ، وفى الطريقة الآلية يستكمل التقشير بتمرير الثمار داخل جهاز اسطواني كما هو موضح بالشكل رقم (4–29) شكل (4–29): استكمال عملية التقشير بالفرش: 1– فرشة 2– سير 3– طارة قائدة 4– ثمار مقشرة 5– قشور

مثبت بداخله مجموعة فرش دورانية مهمتها هو تنظيف السطح الخارجى للثمار و استكمال عملية التقشير والتخلص من الزوائد القشرية المتبقية.

4/5/2/4 التقطيع وتصغير الحجم : يعتبر التقطيع وتصغر الحجم عملية ميكانيكية يتم فيها اختزال الحجم الطبيعى للثمرة الى قطع صغيرة متماثلة الحجم بتطبيق قوى الضغط والتصادم. ويتم التقطيع كخطوة سابقة لكل من عمليات الحفظ بالتجميد أو بالتجفيف أو بالمعاملات الحرارية ، والهدف من التقطيع وتصغير الحجم هو:

1–تسهيل انتقال الحرارة من المادة الغذائية (كما فى عملية التجميد) (أو إلى المادة الغذائية) (كما فى التجفيف والمعاملات الحرارية) وذلك بزيادة المساحة السطحية للمادة الغذائية .

2–تسهيل تعبئة وتداول المنتج النهائى المجمد أو المعلب أو المجفف

ومن المخاطر التى يمكن أن تتعرض لها الثمار نتيجة التقطيع هى :

–زيادة النشاط الانزيمى المؤكسد نتيجة لانطلاق الإنزيمات من الأنسجة المقطعة

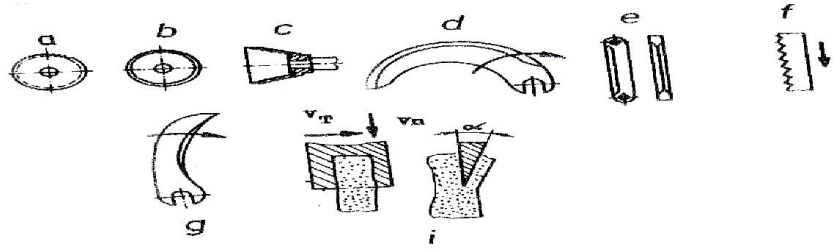
–سرعة التلف الميكروبى باعتبار أن الثمار المقطعة تعتبر بيئة ملائمة وسريعة لنمو الميكروبات . لذلك يجب معاملة الثمار بإحدى طرق الحفظ مباشرة بعد التقطيع. وعملية التقطيع وتصغير الحجم ليست مقصورة على الثمار فقط وإنما تشمل المواد الغذائية الصلبة الأخرى مثل الحبوب لإنتاج

الدقيق ولكن سوف يقتصر هذا الجزء على شرح طرق تقطيع الثمار لإعدادها للحفظ بالطرق السابق ذكرها.

الأدوات المستخدمة فى التقطيع : يمكن تقطيع الثمار إلى :

حلقات ، أو اصبعيات ، أو مكعبات . ويبلغ طول القطعة الواحدة من 3 الى 30 مم .

وتستخدم السكاكين الآلية فى التقطيع ويختلف شكل هذه السكاكين حسب طريقة التقطيع ونوع المادة الغذائية ويتميز السكين بوجود حافة قطع حادة بزاوية تصل من 10 إلى 30 ْ ويبين الشكل رقم (4–30) بعض أنواع هذه السكاكين.



شكل (4–30): بعض أنواع السكاكين المستخدمة لتقطيع الأغذية

a– سكين قرصي مسنن b – سكين قرصي حاد

c– سكين مخروطي d – سكين نصف دائري حاد من الخارج e– سكين طولي حاد f – سكين طولي مسنن

g – سكين مائل حاد من الداخل

i– شكل يبين ميكانيكية القطع و زاوية تدبب السكين (α) و سرعة السقوط (V_n) و سرعة المرور (V_t)

وعند إجراء عملية التقطيع بالسكاكين الآلية فان السكين تأخذ سرعتان مختلفتان أثناء إجراء العملية هى :

–سرعة سقوط السكين فى اتجاه (أوعلى) المادة الغذائية المطلوب تقطيعها ويرمزلها بسرعة السقوط (V_n)

–سرعة مرور السكين خلال أنسجة المادة الغذائية أثناء عملية التقطيع ذاتها وتعرف بسرعة الانزلاق (المرور) (V_t).

و اذا كانت سرعة المرور الانزلاقية معدومة كما هو الحال فى تقطيع المواد الغذائية البلاستيكية القوام فان قيمةV_t=صفر(وتسمى عملية التقطيع فى هذه

الحالة باسم القصف) . أما إذا كانت السكين مثبتة فى موضعها ولا تتحرك وأن الثمار المطلوب تقطيعها هى التى تتحرك باتجاه السكين فان سرعة المرور (V_n) هنا تنسب إلى المادة الغذائية وليس إلى السكين (وتعرف عملية التقطيع هذه باسم التقطيع الاستاتيكى). وتستخدم هذه الطريقة فى تقطيع الثمار الجذرية. وتستخدم السكاكين المسننة (المشرشرة) فى تقطيع الثمار الصلبة .

ميكانيكية ونظم التقطيع :

يمكن ان يتم تقطيع الثمار بإحدى الميكانيكات التالية :

-**التقطيع فى اتجاه واحد** (مثل التقطيع الى حلقات فى البطاطس والتفاح والبصل والفاصوليا والجزر).

-**التقطيع فى اتجاهين** (مثل تقطيع اصبعيات البطاطس)

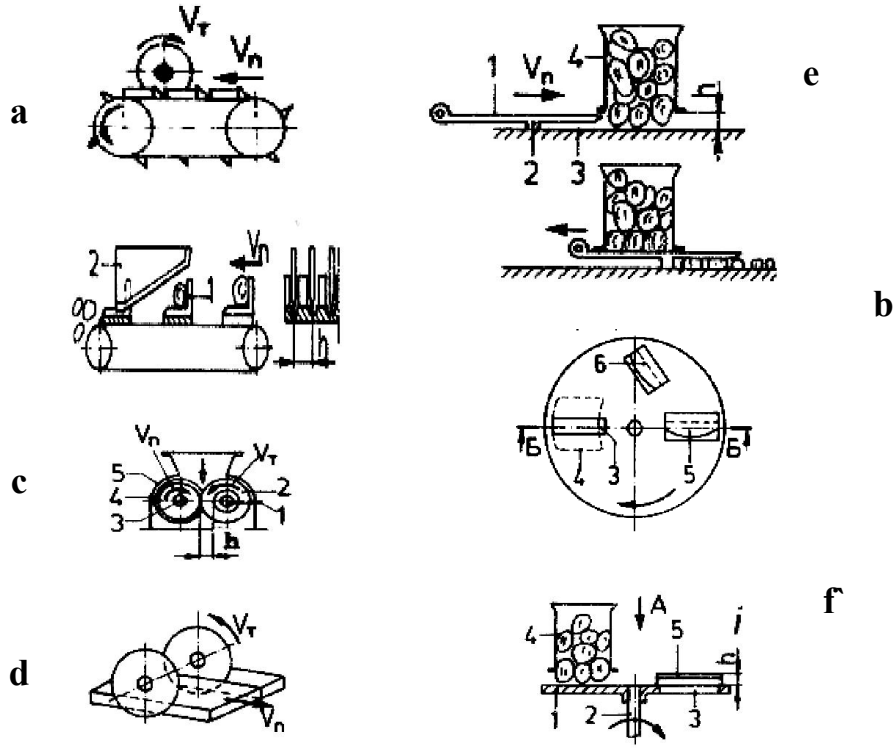
-**التقطيع فى 3 اتجاهات** (مثل تقطيع القلقاس والبطاطس الى مكعبات)

وفيما يلى شرحا لبعض هذه الميكانيكيات :

1-التقطيع فى اتجاه واحد :

يوضح الشكل رقم (4-31) بعض النظم المتبعة لتقطيع المواد الغذائية الثمرية فى اتجاه واحد . فالشكل (a) يوضح طريقة التقطيع فى اتجاه واحد باستخدام مجموعة من السكاكين القرصية الدوارة بينما يتم تغذيتها بالثمار المطلوب تقطيعها وهى محمولة على سير ناقل وتتركب مجموعة السكاكين القرصية بجوار بضعها على عامود إدارة مشترك(الشكل a يبين سكينة واحدة من مجموعة السكاكين) ، وقد ترص المادة الغذائية المطلوب تقطيعها فوق السير الناقل أو توضع فى تجاويف على السير وفى الطريقة الأولى يكون التقطيع غير منتظم الشكل بينما فى الطريقة الثانية يكون التقطيع أفضل ومتكاملا .

والشكل (b) يوضح طريقة التقطيع باستخدام سكين ثابت (2) ولكن نصله الحاد



شكل(4-31): نظم التقطيع في اتجاه واحد

مائل بزاوية بينما توضع الثمرة المطلوب تقطيعها على حامل أجوف (1) مثبت على السير الناقل الذى ينقلها إلى السكين ويتم تقطيع الثمرة أثناء اندفاعها خلال السكين وتستخدم هذه الطريقة لتقطيع الثمار الكبيرة والطويلة مثل الخيار .

أما طريقة التقطيع الموضحة بالشكل (c) فهى تتكون من غلاف خارجى (5) لآلة التقطيع يضم فى داخله مجموعة من السكاكين القرصية (2) مثبتة على مسافات محددة على عامود إدارة مشترك (1) وبداخل الغلاف يوجد درفيل (اسطوانة 4) سطحها العلوى به تجاويف محيطية وتدور هذه الاسطوانة بواسطة عامود الإدارة (3). وعند تساقط الثمرة من القادوس العلوى للآلة فان الاسطوانة (4) تقوم بتثبيتها أمام مجموعة السكاكين التي تقوم بتقطيعها إلى حلقات بعدد السكاكين الموجودة على عامود الإدارة (3) ، وتساعد التجاويف الموجودة على الدرفيل على دوران السكاكين فى عمق كل تجويف للمساعدة على التقطيع وهذه الالة شائعة الاستخدام فى مصانع التجميد والتعليب والتجفيف.

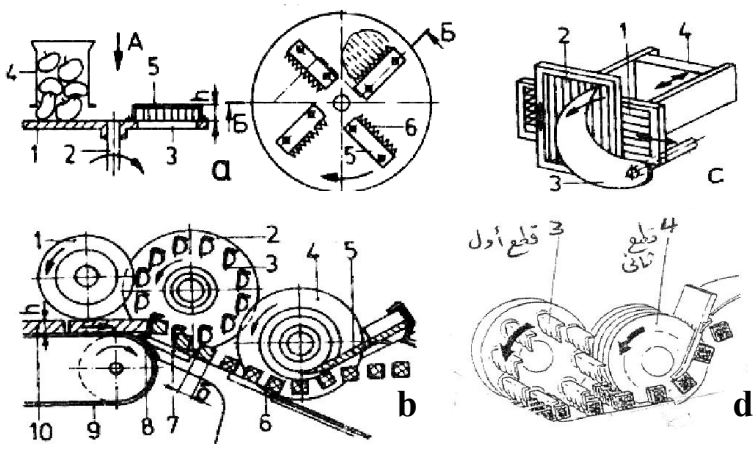
اما آلة التقطيع (d)فهى تتكون من عدد اثنين فقط من السكاكين القرصية مثبتة على منضدة تقطيع ويتم تغذيتها بالثمار باستخدام قادوس علوى أما عملية طرد

نواتج التقطيع فهى تتم ذاتيا عن طريق الحركة الدائرية للقرصين وعن طريق الحركة الاحتكاكية للثمرة مع السطح الداخلى للسكاكين .

وفى آلة التقطيع شكل رقم (e) فيتم استخدام سكين طوليه عريضة (1) تتحرك حركة أمامية وخلفية بواسطة ذراع توصيل (2) ومركبة على منضدة (طاولة) تقطيع ثابتة (3) ويتم تغذية الآلة بالثمار من قادوس علوى (4) مركب أعلى المنضدة ونهايته السفلية مفتوحة وترتفع عن المنضدة بالمسافة (h) وتعمل الأسطح الداخلية للقادوس على تثبيت الثمرة أمام السكين إثناء التقطيع ، وعند حركة السكين للإمام (اتجاه اليمين) يتم تقطيع الثمار البارزة من أسفل القادوس الى شرائح ويتم دفع الشرائح المقطعة بعيدا عن القادوس ، وعند رجوع السكين مرة أخرى للخلف تندفع كمية أخرى من الثمار إلى منضدة التقطيع .

وفى تطوير أخرى لهذه الطريقة تستخدم آلة التقطيع شكل رقم (f) حيث تتكون من منضدة دوارة وليست ثابتة ويركب عليها مجموعة من السكاكين النصلية (5) البارزة تثبت على محيط المنضدة الدوارة ويوجد تحت هذه السكاكين مباشرة فراغات (فتحات) مستطيلة الشكل (3) ويركب أعلى المنضدة قادوس تغذية (4) (كما هو موضح بالشكل " F) مفتوح من أسفل ويعلو سطحه السفلى عن المنضدة بالمسافة (h) وتدور المنضدة حركة دورانية بواسطة عامود الإدارة (2) ، وفى كل حركة دورانية للمنضدة تصطدم السكاكين البارزة بالثمار وتقطعها الى شرائح وتسقط الشرائح المقطعة من الفتحات المستطيلة (3) أسفل السكين ويركب على المنضدة الدوارة عدد من اثنين إلى أربع سكاكين ويمكن أن تكون السكاكين مثبتة على المنضدة بزاوية مائلة مثل السكين الموضحة برقم (6) .

2-التقطيع فى اتجاهين : يوضح الشكل رقم (4-32) بعض النظم المتبعة لتقطيع الثمار فى



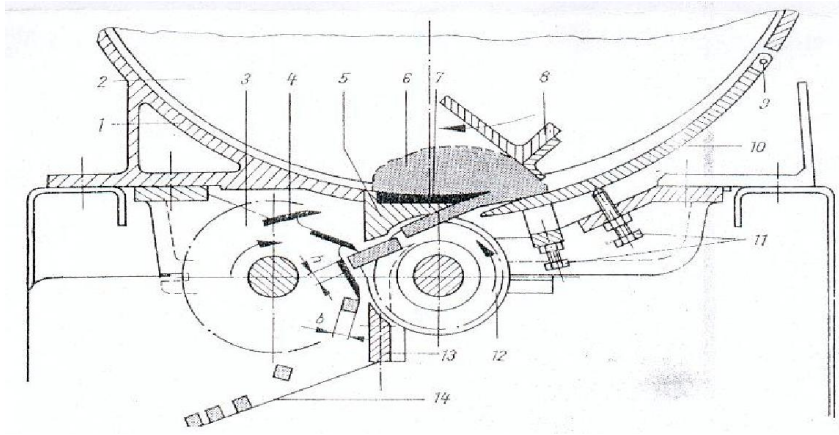
شكل (4-32): أجهزة التقطيع في اتجاهين

اتجاهين :
فالآلة الموضحة بالشكل (a) تشابه فى طريقة عملها الة التقطيع فى اتجاه واحد السابق شرحها (شكل f) ولكن بإجراء تعديل بسيط وهو تركيب أمشاط تقطيع (6) أمام سكاكين التقطيع (5) المثبتة على القرص (1) ، وبهذا التعديل يمكن إجراء تقطيع للمادة الغذائية فى اتجاهين وتنتج قطع على شكل أصبعيات طولية عرضها (h) وسمكها (b) اما طول الإصبعية فهو يتوقف على طول المادة الغذائية المطلوب تقطيعها .

أما آلة التقطيع فى اتجاهين الموضحة بالشكل (b) فهى شائعة الاستخدام فى تصنيع الخضر والفاكهة للتقطيع فى اتجاهين ويتم نقل المادة المطلوب تقطيعها (10) بواسطة السير الناقل (9) وبمساعدة الاسطوانة الملساء (1) التى تضغط على المادة الغذائية لتثبتها أثناء التقطيع. تقوم السكاكين السطحية الحادة (3) المركبة على المحيط الداخلى للقرص الدائرى (2) بتقطيع الثمرة (قطع أول) إلى اصبيعيات بعرض المادة الغذائية الموجودة على السير . بعد ذلك تنزلق الاصبيعيات لاسفل لتمر على مجموعة السكاكين القرصية (4) والتى تقوم بتقطيع الاصبيعيات (قطع ثانى) إلى قطع مكعبة صغيرة ويتناسب مقاسات هذه المكعبات مع المسافات الخالية بين سكاكين مجموعة السكاكين القرصية . وتساعد كل من الدعامة (7) ذات القمة المسننة (8) فى تثبت المادة الغذائية أثناء القطع الأول والدعامة (5) فى إزاحة قطع المكعبات من المسافات بين السكاكين القرصية بعد القطع الثانى .

وآلة التقطيع الثنائى الموضحة بالشكل (c) تتكون من مجموعتين متعامدتين من السكاكين الطولية (1)،(2) توضع فى مقدمة صندوق (مجرى) يحتوى على المادة الغذائية المطلوبة تقطيعها والتى يتم دفعها من الخلف بواسطة مكبس (4) لتمر من خلال السكاكين المتعامدة فتقطع فى اتجاهين إلى اصبعيات طولية ويساعد السكين الدائرى (3) الامامى فى تقطيع الاصبيعيات الخارجة من مجموعة السكاكين المتعامدة .

3-التقطيع فى اتجاهات ثلاثة : يتم فى هذه الطريقة إجراء 3 عمليات قطع للمادة الغذائية ويوضح الشكل رقم (4-33) توضيحيا لأجزاء هذه الآلة وميكانيكية عملها.



شكل(4-33):ألة التقطيع في ثلاثة اتجاهات

وتتكون هذه الآلة من اسطوانة أفقية (1) يتميز نصفها السفلى كما هو موضح بالشكل بأنه مشقوق الى قسمين :

- الجزء الأيسر (1) ينتهى من أسفل بسكين طولية حادة (7) مظللة بالأسود للتوضيح)
- الجزء الأيمن (10) عبارة عن جزء مفصلى يتم تثبيته بواسطة مفصل (9) وطرفه الامامى حر الحركة بحيث يترك مسافة بينه وبين الجزء الأيسر ويتم تحديد هذه المسافة بواسطة مسامير التثبيت (11) .
- يدور داخل هذه الاسطوانة قرص دائري (2) مثبت على سطحه دعامات (8) على مسافات متساوية على محيط القرص .

وتتم عملية التقطيع كما يلى :

- تدخل المادة الغذائية المطلوب قطعها (6) من فتحة جانبية للقرص (2) حيث تستقبلها إحدى الدعامات (8) المثبتة على سطح القرص (2) وتدفعها للإمام فى اتجاه السكين العريض الحاد الثابت (7) حيث تقطع الثمرة (قطع أول) الى شريحة عريضة (بعرض الثمرة كلها) ويتوقف سمك هذه الشريحة على المسافة البينية بين الجزء الايسر (1) والجزء الأيمن (10) للاسطوانة الخارجية.
- تنزلق الشريحة المقطوعة بعد ذلك لتمر على مجموعة السكاكين القرصية (12) ليتم تقطيعها إلى اصبيعيات (قطع ثانى) بعد ذلك تتولى مجموعة

السكاكين الطولية الحادة (4) المثبتة على محيط الاسطوانة (3) بتقطيع الاصبيعيات الى قطع صغيرة مكعبة (قطع ثالث) وتنزلق المكعبات على المجرى (14) وتساعد كل من الدعامة (5) على تثبيت السكين عند القطع الأول والدعامة (13) على تثبيت المسافة بين اسطوانات السكاكين عند القطع الثانى والثالث .

Blanching 5/5/2/4

معاملة الخضر وبعض أنواع الفاكهة بالسلق يعتبر عملية ضرورية قبل إجراء التجميد لهذه المواد. والسلق هو عبارة عن عملية حرارية قصيرة للمواد الغذائية(1 الى10 دقائق)بغرض رفع درجة حرارتها إلى درجة حرارة تتراوح من 70 الى98 م.ويتم ذلك أما بالغمر فى الماء الساخن أو بالتسخين بالبخار .

وتهدف المعاملة بالسلق الى ما يلى :

1-تثبيط الإنزيمات الموجودة داخل أنسجة الثمار وخصوصا الإنزيمات المؤكسدة (مثل البيروكسيدير ، البولى فينول أوكسيديز ، ليبواوكسجينيز ، الكتاليز ، اسكوربيك اوكسيديز والكلوروفلليز) وذلك للتغلب على الاضرار التى يمكن ان تحدثها هذه الانزيمات لكل من اللون والفيتامينات والطعم والرائحة للثمار المجمدة أثناء مدة التخزين المجمد . وتكون الثمار اكثر عرضة للنشاط الانزيمى بعد إجراء عملية التقطيع نظراً لتحطم كثير من الانسجة النباتية أثناء التقطيع وخروج محتواها العصيرى الى السطح وزيادة المساحة المعرضة للهواء الجوى

2-احداث انكماش للخضروات وخصوصا الورقية مثل السبانخ والملوخية) وانضغاط حجمها وبالتالى يسهل تعبئتها بأوزان مناسبة فى الأكياس قبل التجميد

3-طرد الهواء من الانسجة النباتية ومن المسافات البينية للخلايا مما يقلل من النشاط الانزيمى والميكروبى ومنع الانتفاخ الغازى للعبوات وتحسين مظهر اللون للخضروات والتخلص من بعض مواد الطعم والرائحة الطيارة والغير مرغوبة (مثل مرارة الطعم فى الكرنب والقرنبيط)

4-أحداث تطرية للأنسجة النباتية الصلبة للخضروات وحدوث جلتتة جزئية للمواد النشوية مما يحسن من درجة استساغة الخضر المجمدة وبالتالى يعتبر السلق كأنه عملية تسوية أولية للخضر مما يسهل من سرعة إعداد الخضر المجمدة للطهى المنزلى .

5-خفض الحمل الميكروبى الابتدائي للأغذية بحيث لا يزيد الحمل الميكروبى بعد السلق عن 2% من مقدار الحمل الميكروبى قبل السلق .

6-تعتبر عملية تنظيف للثمار مكملة لعملية الغسيل .
وهناك طرق اخرى حديثة للسلق باستخدام موجات الميكروويف او الأشعة تحت الحمراء ولكنها لم تطبق حتى الان على نطاق تجارى .

ويتميز السلق بالبخار عن السلق فى الماء بما يلى :

-تقليل كمية المياه المستخدمة فى السلق وبالتالى تقليل كمية المياه العادمة.
-خفض كمية الفقد فى المواد الصلبة الذائبة من المادة الغذائية أثناء عملية السلق ويعتمد نجاح أى من الطريقتين فى السلق على مدى خفض الفقد فى المواد الصلبة المفقودة من المادة الغذائية اثناء السلق وفى مرحلة التبريد الفجائى المكملة لعملية السلق حيث أنه احيانا يكون الفقد فى المواد الصلبة أثناء مرحلة التبريد أكبر من الفقد الذى يحدث اثناء مرحلة السلق ذاتها لذلك تلجأ بعض المصانع الى اجراء عملية التبريد بعد السلق باستخدام تيار من الهواء البارد أو باستخدام رذاذ ماء بدلا من الغمر فى مياه باردة ، ومع ذلك فان المادة الغذائية المسلوقة قد تكتسب بعض المياه اذا تم التبريد بالغمر فى الماء وبالتالى يزيد العائد (الريع) بعكس طريقة التبريد بالهواء التى قد تحافظ على القيمة الغذائية للمنتج ولكنها تؤدى الى بعض الفقد فى الوزن نتيجة لتبخر الرطوبة من سطح المادة الغذائية الى تيار الهواء اثناء التبريد . كما أن عملية التقطيع والتقشير للمادة قبل السلق تزيد من نسبة الفقد فى المواد الصلبة اثناء السلق ولكن ذلك يتوقف على نوع المادة الغذائية . وتلجأ بعض المصانع الى اعادة استخدام مياه السلق العادمة فى اجراء عملية سلق جديدة وممكن ان يقلل ذلك من كمية المياه اللازمة للسلق وخفض كمية المياه العادمة ولكن يجب اتباع الشروط الصحية فى هذا المجال لمنع نمو البكتريا

ومن أهم مشاكل عملية السلق فى التصنيع الغذائى هى : -

1-استهلاك كمية كبيرة من الطاقة الحرارية (على هيئة بخار مباشر أو بخار لتسخين مياه السلق) ، لذلك تعتبر عملية السلق من العمليات ذات التكاليف العالية
2-ينتج عن عملية السلق كميات مياه عادمة كبيرة تكون فى معظم الأحوال محملة بنسبة عالية من المواد الصلبة الذائبة والعالقة ، ويلزم معالجتها ومعاملتها قبل اعادة استخدامها أو صرفها فى المسطحات المائية أو انابيب الصرف. لذلك يجب اختيار أجهزة وطرق السلق اختيار جيداً لكى توفر فى تكاليف الطاقة المستخدمة وتقلل من كمية المياه العادمة .

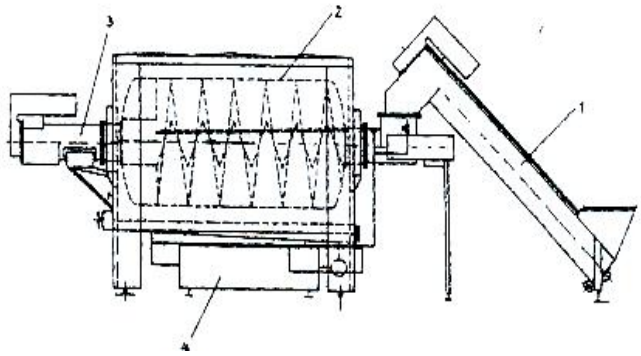
طرق وأجهزة السلق :

الطرق الشائعة للسلق هى :

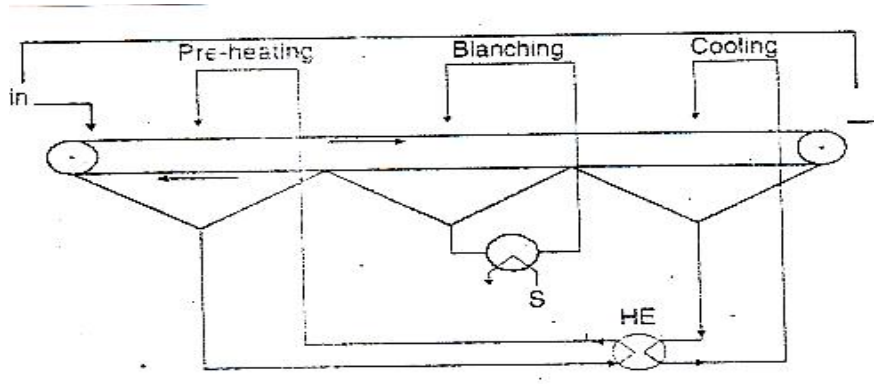
-السلق باستخدام الماء حيث تغمر المادة المطلوب سلقها فى ماء ساخن (يتم تسخينه بواسطة بخار) لمدة معينة .
-السلق باستخدام البخار الرطب بتعريض المادة الغذائية بتيار من البخار الرطب الساخن حيث يتكثف البخار وتسخن المادة الغذائية .

1-اجهزة السلق باستخدام الماء الساخن .

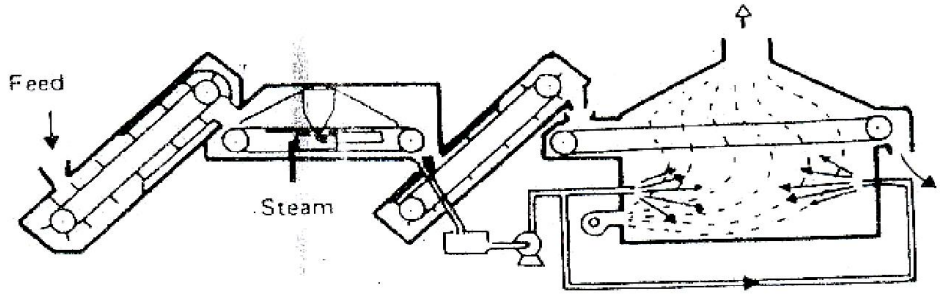
الاساس فى عمل اجهزة السلق باستخدام الماء الساخن هو الاحتفاظ بالمادة الغذائية فى ماء ساخن على درجة حرارة تتراوح من 70 – 100 مْ لمدة معينة يعقبها نقل المادة الغذائية الى قسم التخلص من الماء الزائد والتبريد .
ومن عيوب عملية السلق حدوث فقد لبعض المواد الذائبة مثل السكريات والبروتينات والفيتامينات والمعادن وخصوصا اذا اجرى السلق بالغمر فى الماء.
ولا تجرى عملية السلق لبعض الخضروات مثل البصل والفلفل الاخضر حتى لا تفقد المواد الحريفة المميزة للبصل وحتى لا يحدث تسلخ وانفصال لقشرة الفلفل الاخضر مما يقلل من جودتها التسويقية بعد التصنيع. ويجب عند اجراء معاملة السلق للخضروات أن يتم الوصول الى درجة حرارة السلق المطلوبة داخل لب الثمرة بسرعة ثم تثبت درجة الحرارة لمدة معينة ويعقبها تبريد سريع للمادة الغذائية الى أن تصل الى قرب درجة حرارة الجو العادى وتتأثر المدة اللازمة للسلق بالعوامل التالية . -نوع الخضر أو الفاكهة . – حجم قطع الثمار عند السلق . – درجة حرارة السلق . -طريقة اجراء عملية السلق .
ويوجد نوعان من أجهزة اسلق بالماء (كما هو موضح بالشكل رقم 4-34):
-**جهاز السلق البرميلى** : – حيث يتم وضع المادة الغذائية فى اسطوانة مثقبة مغمورة جزئيا فى حوض به ماء ساخن ويزود البرميل من الداخل بعامود طولى مركب عليه اذرع (ريش) لتقليب ودفع ونقل المادة الغذائية داخل البرميل من طرف الدخول الى طرف الخروج . وتتوقف سرعة دوران الاسطوانة والريش وكذلك طول الاسطوانة على مدة السلق اللازمة للمادة الغذائية ويحتاج هذا الجهاز الى كمية بخار لتسخين الماء قدرها 0.5 كجم بخار / لكل كجم من المادة الغذائية .
-**جهاز السلق والتبريد ذو السيور**: وهويتكون من ثلاثة اقسام هى : قسم التسخين الابتدائى ، قسم السلق الفعلى أى حفظ المادة الغذائية على درجة حرارة السلق لمدة معينة) ثم قسم التبريد . وتتحرك المادة الغذائية خلال جميع هذه الاقسام وهى موضوعة على سير مثقب وبالتالى لا تتعرض لاى تلف ميكانيكى



(أ)



(ب)



(ج)

شكل (4–34): أجهزة السلق

(أ): جهاز السلق البرميلي (ب): جهاز السلق ذو السيور (ج): جهاز السلق بالبخار

نتيجة للتصادم كما يحدث مع جدران وريش جهاز السلق البرميلى ويعتبر جهاز السلق ذو السيور اقتصادى فى استخدام المياه حيث تتم عملية التسخين الابتدائى فى القسم الأول من الجهاز بنفس كمية المياه المستخدمة فى القسم الأول

بعد اعادة تسخينها بالتبادل الحرارى (HE) مع الماء الراجع من قسم التبريد والذى بالتالى يبرد حيث يعاد استخدامه ايضا مرة ثانية فى قسم التبريد ويؤدى ذلك الى توفير قدره 70% فى كمية الطاقة الحرارية (بخار تسخين الماء) اللازمة لعملية السلق. أما عملية السلق ذاتها (والموجودة فى منتصف السير) فهى تتم بماء ساخن يتم ترذيذه (رشه) على المادة الغذائية ثم يعاد تسخينه بواسطة ملفات تسخين بها بخار (s) لرفع درجة حرارة الماء الراجع الى درجة حرارة السلق المطلوبة . وتستكمل عملية التبريد فى نهاية المرحلة الثالثة بواسطة هواء بارد . وتعتبر كمية المياه العادمة الناتجة عن هذا النوع من أجهزة السلق ضئيلة جدا وتقل احتياجات المياه لتصل الى1 م^3 ماء فقط / لكل 10 طن من المادة الغذائية أما احتياجات البخار فتصل الى 1 كجم بخار / لكل 20 كجم من المادة الغذائية .

وهناك نوع ثالث من اجهزة السلق بالماء يسمى جهاز السلق الانبوبى Pipe blancher وهو يتكون من انبوبة (ماسورة) طولية جدرانها فعزوله من الخارج عزلا جيداً حيث يتم دفع الماء الساخن والمادة الغذائية المطلوبة سلقها داخل الأنبوب وتتوف مدة السلق هنا على كل من طول الأنبوب وسرعة سريان المياه ، وفى نهاية الأنبوب يتم فصل المياه من المادة الغذائية المسلوقة لإعادة دفعها داخل الأنبوب من جديد بعد رفع درجة حرارتها .

2-أجهزة السلق بالبخار : يفضل استخدام السلق بالبخار لسلق الخضروات وخصوصا الورقية ذات المساحة السطحية الكبيرة مثل السبانخ حيث ان ذلك يقلل من كمية المادة الصلبة المفقودة من الخضر اثناء السلق ويوجد نوعان شائعان تجاريا من أجهزة السلق بالبخار وهى :

-جهاز السلق الصندوقى : وهو يتكون من غلاف معدنى صندوقى طولى(نفق) يتحرك بداخله سير(حصيرة) معدني مثقب لنقل المادة الغذائية خلال الصندوق من طرف الدخول الى طرق الخروج ويسخن الصندوق من الداخل بواسطة البخار وتتوقف مدة السلق على كل من سرعة السير وطول الصندوق والذى يبلغ طوله عادة 15 م وعرضه 1 – 1.5م .ومن أهم مشاكل هذا النوع من اجهزة السلق هو فاقد البخار نتيجة التسرب من الجهاز ويمكن التغلب على هذه المشكلة بأحد الحلول التالية :

-تزويد الجهاز برشاشات مياه عند فتحة الخروج لتكثيف البخار العادم المتسرب – وضع اسطوانات خلوية دوراة ذات سدائب (خلايا) طولية عند فتحة الدخول والخروج لتنظيم تدفق المادة الغذائية لحبس البخار داخل الصندوق وتقليل تسربه

الى خارج الجهاز. وعموما تتراوح الكفاءة الحرارية (كفاءة استخدام البخار فعليا فى التسخين) بين 19% الى 31% ، كما أن عملية تسخين المادة الغذائية بهذه الطريقة غير منتظمة حيث تتعرض الطبقات السطحية للمادة الغذائية لدرجات حرارية عالية بينما يكون مركز قطع المادة الغذائية عند درجات حرارة اقل مما يسبب ليونة وطرواة زائدة للأنسجة وانخفاض فى القيمة الحسية والتذوقية .

-جهاز السلق السريع (Individual quick blancher(I Q B

تم تصميم هذا الجهاز لتلافى عيوب استخدام جهاز السلق الصندوق حيث يتم فيه السلق على مرحلتين : فى المرحلة الأولى يتم تسخين المادة الغذائية فى طبقة رقيقة إلى درجة حرارة عالية كافية لتثبيط الإنزيمات ، وفى المرحلة الثانية يتم المحافظة على درجة حرارة السلق لمدة كافية لكى ترتفع درجة الحرارة فى مركز كل قطعة من المادة الى درجة الحرارة المطلوبة للتثبيط الانزيمى . وتبلغ مدة التسخين فى المرحلة الأولى حوالى 25 ثانية وفى المرحلة الثانية حوالى 50 ثانية عند سلق قطع مكعبات الخضر (مثل الجزر) بسمك 1 سم فى حين ان سلقها فى اجهزة السلق الصندوقية بالبخار يحتاج الى 3 دقائق مما يؤدى الى ارتفاع كفاءة التسخين (كفاءة استخدام البخار) الى حوالى 90 % وتبلغ احتياجات البخار فى هذا الجهاز الى 1 كيلو جرام بخار / لكل 7 كجم مادة غذائية . كما أن هذه الطريقة تقلل الفقد فى المواد الصلبة اثناء السلق الى اقل من 5% من الفقد المماثل فى جهاز السلق الصندوقى بالبخار .

ويتكون هذا الجهاز (كما هو موضح بالشكل 4- 34ج) من ساقية رافعة مائلة لنقل المادة الغذائية الى قسم التسخين ، وتتحرك هذه الرافعة داخل صندوق (نفق) لتقليل الفاقد فى البخار المتسرب . اما قسم التسخين فهو عبارة عن سير افقى مثقب موجود داخل غلاف ويسخن بالبخار وتوضع عليه المادة الغذائية فى طبقة رقيقة حيث تسخن وتصل الى درجة حرارة السلق المطلوبة أثناء انتقالها على السير ثم تنقل فى نهايته الى سير مائل لمدة الحفظ المطلوب قبل دفعها الى قسم التبريد . ويتكون قسم التبريد من سير ناقل موجود داخل حيز صندوقى رأسى ، ويتم التبريد داخل هذا الحيز بواسطة شبورة مائية (باستخدام الماء المتكثف عن البخار فى مرحلة التسخين) بمساعدة مضخة ورشاشات مثبتة على جانبى صندوق التبريد تحت السير الناقل ، وهذه الطريقة تقلل من فقد المواد الصلبة من المادة الغذائية المسلوقة اثناء مرحلة التبريد .

ويمكن لهذا الجهاز أن يسلق 4500 كجم من الخضر فى الساعة الواحدة وتكون

كفاءة تثبيط الانزيمات عالية وخصوصا انزيم البروكسيديز كما تحتفظ المادة المسلوقة بحوالى 75 – 86 % من محتواها من فيتامين ج دون فقد .

بعض المواد المضافة لمياه السلق : – يضاف كربونات صوديوم (0.12%) أو اكسيد كالسيوم لماء السلق عند سلق الخضروات الخضراء للمحافظة على اللون الاخضر للكلوروفيل ، وتقليل الفقد فى فيتامين ج .كما تنقع شرائح التفاح وقطع البطاطس فى محلول محلى مخفف (2%) من كلوريد الصويوم قبل السلق لمنع التلون البنى الانزيمى .يضاف كلوريد الكالسيوم (بنسبة 1–2%) الى ماء السلق للمحافظة على صلابة وقوام قطع الخضر حيث يتفاعل الكالسيوم مع البكتين الموجود فى جدر الخلايا النباتية ويكون مركب بكتات الكالسيوم الصلبة .

اختبار كفاءة عملية السلق : يتم اختبار كفاءة عملية السلق بالكشف عن وجود انزيم البيروكسيديز وانزيم الكتاليز فى المادة الغذائية (الخضر والفاكهة) المسلوقة .ويتم الكشف عن انزيم البيروكسيديز بهرس 5 جرام من الخضار المسلوق ثم توضع فى انبوبة اختبار ويضاف لها 6 سم3 ماء مقطرو 5 نقط من محلول مادة الجواياكول (Gyaiacol) وهى عبارة عن مادة قاعدية يتفاعل معها الانزيم وكذلك 5 نقط من محلول فوق أكسيد الايدروجين (H_2O_2) وهى مادة تتفاعل مع نواتج تفاعل الجواياكول والانزيم ، ثم ترج الانبوبة جيداً وتترك من 15 – 30 دقيقة فاذا تلون المحلول والخضار معا أو الخضار فقط بلون أحمر طوبى فيكون ذلك دلالة على وجود الانزيم بقدر كبير ، اما اذا تبقع الخضار ببقع غير واضحة تماما فيدل ذلك على وجود الانزيم بصورة ضئيلة ، وفيما عدا ذلك يعتبر الانزيم تام التثبيط .ويتم الكشف عن انزيم الكتاليز بتقطيع 5 جرام من الخضار قطع صغيرة ووضعها فى انبوبة اختبار ويضاف لها محلول 0.1 % فوق اكسيد الايدروجين بحيث يغطى المحلول سطح قطع الخضار ، فاذا تكونت فقاعات من غاز الاكسجين يكون ذلك دلالة على وجود الانزيم وعدم كفاءة عملية السلق .

6/2/4 أجهزة التجميد Freezing Equipment:

توجد أنواع عديدة من أجهزة التجميد المستخدمة لتجميد الأغذية منها ما يعمل بطريقة التجميد البطيئة أو يعمل بطريقة التجميد السريعة وتتوقف سرعة التجميد التي يعمل بها جهاز التجميد على كل من : –

1. نوع المادة الغذائية و تركيبها الكيماوي و النسجي و شكلها الهندسي.

2. نوع مائع (سائل) التبريد المستخدم في آلة التجميد ودرجة حرارته ، فدرجة حرارة سائل التبريد الفريون 12 تختلف عن الفريون 22 أو عن

الأمونيا (النشادر).

3. طريقة التلامس بين المادة الغذائية مع سائل التبريد المستخدم هل هي تلامس مباشر أم تلامس غير مباشر ويتم نقل الحرارة إلى وسيط آخر مثل الهواء الذي بالتالي يتلامس مع المادة الغذائية .
4. المساحة السطحية للتلامس بين المادة الغذائية ووسيط التبريد وسمك المادة الغذائية المطلوب تجميدها ، فكلما زادت مساحة التلامس وقل سمك المادة الغذائية ينخفض الزمن اللازم للتجميد.
5. طريقة تعبئة أو تحريك وتقليب المادة الغذائية أثناء عملية التجميد .

ويمكن تقسيم أجهزة التجميد بصفة عامة إلى : –

(1) أجهزة تجميد تعمل بالتلامس غير المباشر بين سائل التبريد والمادة الغذائية وهي تستخدم وسيط لنقل الحرارة مثل الهواء أو سطح صلب بينما يمر سائل التبريد داخل الآلة في دورة مغلقة داخل أنابيب ويشمل هذا النوع الأجهزة التي تعمل بالتجميد البطيء وبعض الأجهزة التي تعمل بالتجميد السريع .

(2) أجهزة تجميد فورية (Cryogenic Freezers) وهي أجهزة تجميد سريعة تعمل بالتلامس المباشر بين مائع (سائل) التبريد والمادة الغذائية دون الاحتياج لوسيط آخر (مثل الهواء) لنقل الحرارة .

ويجيب عزل جدران أجهزة التجميد من الخارج بواسطة المواد العازلة المناسبة مثل شرائح المطاط و البولي استبارين الممددة والبولي يوريثين أو أي مادة أخرى ذات معامل توصيل حراري منخفض جداً .

1/6/2/4 أجهزة التجميد بالتلامس غير المباشر : –

يمكن تقسيم أجهزة التجميد بالتلامس غير المباشر طبقاً لسرعة التجميد إلى ثلاثة أقسام هي : –

(1) أجهزة التجميد البطيء (Slow Freezing): وتكون سرعة التجميد أي سرعة تحرك طبقة الثلج من سطح المادة الغذائية إلى مركزها أقل من 0.5 سم / ساعة وتشمل أجهزة التجميد بالهواء الساكن أو بطيء السرعة (مثل فريزر الثلاجات المنزلية وكبائن التجميد بالهواء الساكن ومخازن الأغذية المجمدة) .

(2) أجهزة التجميد السريع (Quick Freezing) : وتكون سرعة التجميد من 0.5 – 3 سم / ساعة وتشمل أجهزة التجميد ذات الألواح (Plate Freezer) وأجهزة التجميد بالهواء البارد المدفوع (Air blast Freezers).

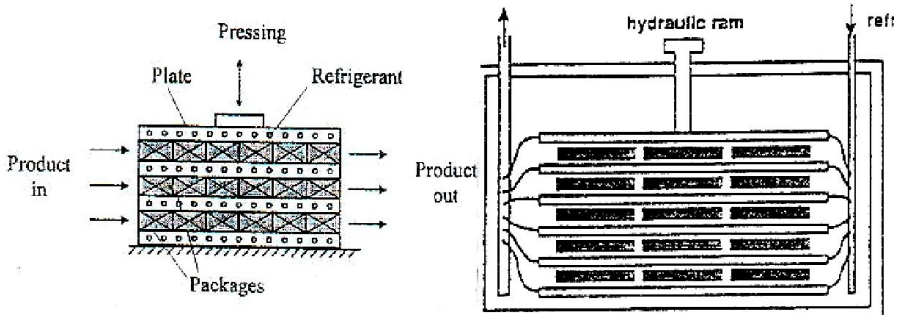
(3) أجهزة التجميد العاجل (Rapid Freezing) وتكون سرعة التجميد بها من 5 – 10 سم / ساعة وتشمل أجهزة التجميد ذات الطبقة المثارة (Fluidized-bed Freezer).

وفيما يلي شرحاً موجزاً لطريقة عمل هذه الأجهزة .

1/1/6/2/4 جهاز التجميد ذو الألواح Plate Freezer :-

يتكون هذا الجهازكما هو موضح بالشكل رقم (4-35) من ألواح مزدوجة الجدران مصنوعة من صلب لا يصدأ موصل جيد للحرارة ويحتوي الجهاز على عدة ألواح من هذا النوع بينها مسافات بينية . ويسري مائع (سائل) التبريد داخل هذه الألواح من أحد الأطراف إلى الطرف الآخر بواسطة وصلات مطاطية مرنة موجودة على جانبي الألواح كما هو موضح بالشكل.

ويتم التجميد بتعبئة المادة الغذائية في عبوات متساوية الأبعاد وتوضع داخل الجهاز ملامسة لأسطح الألواح المعدنية وعند التشغيل تتقارب الألواح بالضغط عليها من أعلى بواسطة مكبس هيدروليكي بحيث تتلامس العبوات مع الأسطح



شكل(4-35): جهاز التجميد ذو الألواح (المتقطع و المستمر)

المعدنية من أعلى ومن أسفل ، ويعزل الجهاز جيداً من الخارج لمنع تسرب الحرارة ويعرف هذا الجهاز تجارياً باسم Birdseye plate Freezer وهو اسم المهندس مبتكر هذا الجهاز، ويكون سطح المعدن الصلب هنا هو الوسيط لانتقال الحرارة بين المادة الغذائية وسائل (مائع) التبريد الذي يمر بين جداري كل لوح من الألواح.

وتبلغ سرعة التجميد في هذا النوع من أجهزة التجميد حوالي 1.2سم / ساعة (تجميد متوسط السرعة) وتبلغ مدة التجميد من 80 إلى 120 دقيقة لعبوات غذائية سمكها حوالي 5 سم . ويستخدم هذا الجهاز بكثرة في سفن صيد الأسماك بأعالي البحار لتجميد الأسماك في بلوكات مستطيلة الشكل.

وهناك تصميمات أخرى من هذا النوع من الأجهزة مثل جهاز التجميد ذو

الألواح الرأسية بدلاً من الأفقية ومثل التي تعمل بطريقة مستمرة (شكل4-35) بمرور المادة المطلوب تجميدها على الألواح المبردة من طرف وتخرج من الطرف الآخر سواء في صورة معبأة أو سائبة .

2/1/6/2/4 أجهزة التجميد بالتلامس غير المباشر بواسطة الهواء المدفوع (Air blast Freezer) :

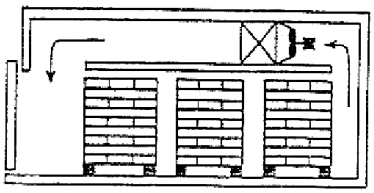
في هذا النوع من أجهزة التجميد يكون الهواء هو الوسيط الذي ينقل الحرارة بين المادة الغذائية وأنابيب مبخر جهاز التجميد.

ويمكن تقسيم أجهزة التجميد باستخدام الهواء حسب طريقة نقل وتحريك المادة الغذائية داخل جهاز التجميد إلى ثلاثة أنواع هي :

- كبائن وأنفاق التجميد (Freezing Cabinet and Tunnels) :

وهي عبارة عن حجرات وأنفاق معزولة ومجهزة بملفات التبخير والمراوح كما هو موضح بالشكل رقم (4-36). يتم تحمل المادة المعبأة المراد تجميدها على صواني التجميد والتي توضع وترص في أرفف على عربات بحيث تترك فراغات بين هذه الصواني لضمان مرور الهواء البارد بينها ثم تدفع العربات إلى داخل النفق أو الكابينة وتغلق أبواب الكابينة أو النفق جيداً ثم يتم تشغيل المراوح التي تدفع الهواء البارد إلى المادة الغذائية .

وقد تكون العربات ساكنة غير متحركة داخل الكابينة أو النفق أو يتم تحريكها داخل النفق بواسطة سلاسل متحركة، ويمكن استعمال هذا النوع من المجمدات لتجميد ذبائح الحيوانات معلقة في خطافات حيث يتم نقلها بواسطة جنازير علوية شكل (4-36): نفق تجميد ذو عربات متحركة. وتعتمد سرعة التجميد على سرعة الهواء ودرجة حرارته وتبلغ سرعة الهواء داخل الكابينة أو النفق من 3-5 م/ث ودرجة حرارته من -30 إلى -45°م



شكل (4-36):

فتخفض من درجة حرارة المادة الغذائية بالتدريج حتى تخرج المادة المجمدة في نهاية النفق على درجة حرارة حوالي -20°م ، ولكن سرعة التجميد تتراوح من 0.6 – 1.0 سم / ساعة (تجميد بطيء إلى متوسط السرعة) وتبلغ مدة التجميد 180 إلى 260 دقيقة للخضر والفاكهة، 12-18 ساعة لتجميد أنصاف الذبائح ، 24-40 ساعة للدواجن المغلفة .

ويمتاز هذا النوع من أجهزة التجميد بالمرونة العالية في استخدامها حيث تلائم تجميد الأشكال والأحجام المختلفة من المنتجات الغذائية والتي يفضل أن تكون مغلقة لتفادي إلتصاقها بصواني التجميد وتقليل الفقد في الوزن .

-أنفاق التجميد ذات السيور (Belt Freezing Tunnels)

في هذا النوع من أجهزة التجميد تنقل المادة الغذائية المطلوب تجميدها سواء سائبة أو معبأة على سير مثقب داخل النفق ، وأثناء مرورها يدفع الهواء البارد بدرجة حرارة عادة أقل من -40°م وسرعة عالية فيخفض من درجة حرارة المادة الغذائية وتخرج في نهاية السير مجمدة على درجة حرارة أقل من- 20°م

ويوجد من هذا النوع تصميمان هماً:-

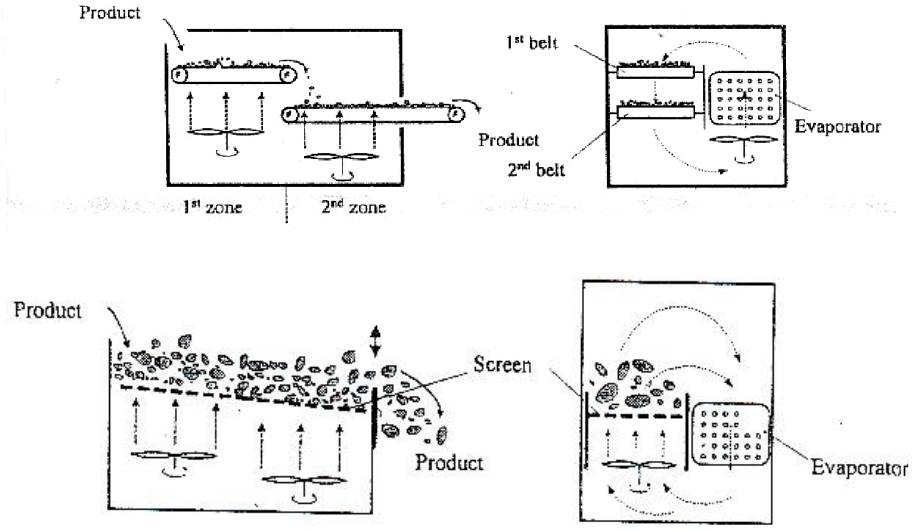
- نفق التجميد ذو السير الطولي (Strait belt Freezing Tunnel) : -

ويتكون كما هو موضح بالشكل (4-37) من نفق معزول جيداً يتحرك به سير واحد مثقب طويل أو سيرين طولين وهو يستخدم عادة لتجميد الخضروات مثل الفاصوليا والبسلة والدواجن سائبة دون تغليف ويتم دفع الهواء رأسياً من أسفل لأعلى ليمر من خلال ثقوب السير ويحيط بأسطح المادة المطلوب تجميدها وينزع الحرارة المطلوبة منها. ويجب توزيع المادة الغذائية فوق السير بحيث تكون غير سميكة للإسراع في زمن التجميد. وغالباً ما يحتوي نفق التجميد على سيرين أو ثلاثة سيور متتالية لتتوافق مع مراحل عملية التجميد الثلاث ولمنع التصاق المادة الغذائية على سطح السير وتستخدم هذه الطريقة لتجميد الأغذية غير المغلفة والتي يتم تجميدها تجميد انفرادي سريع (Individual quick Freezing) أو ما يعرف تجارياً باسم (IQF)، كما يمكن التحكم في سرعة السيور لتتلائم مع مدة التجميد اللازمة . وتبلغ سرعة الهواء من 4-6م / ث ومدة التجميد من 30 إلى 60 دقيقة (تجميد سريع) للخضر والفاكهة وحوالي 125 إلى 220 دقيقة للدواجن وسرعة التجميد من 4 إلى 8 سم / ساعة .

- نفق التجميد ذو السير الحلزوني (Spiral belt Freezer) : في هذا النوع من أجهزة التجميد يكون النفق رأسياً وبداخله سير حلزوني ملتف حول أسطوانة حلزونية تدور (شكل4-37) ، وغالباً ما يمتد السير إلى خارج نهايات النفق لتسهيل شحن المنتجات في المجمد وتسهيل استلامها بعد التجميد من النهاية الأخرى للسير بعد مرورها من أسفل لأعلى على الجزء الحلزوني من السير داخل جهاز التجميد وقد يصل الطول الكلي للسير إلى 300 متر ، ويدفع

الهواء البارد إما أفقياً أو رأسياً خلال النفق كما هو موضح بالشكل (4-37) ويتميز هذا النوع من الأجهزة باحتياجه إلى مساحة أرضية

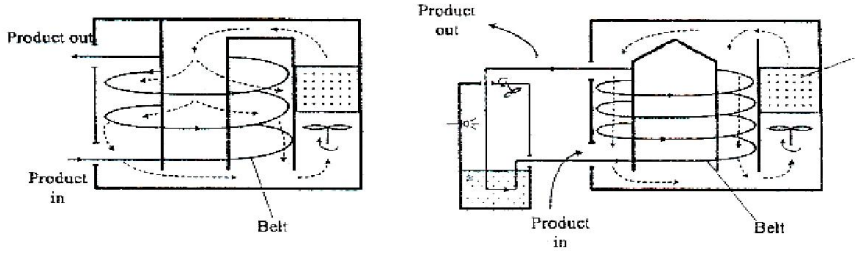
أصغر من النفق ذو السير الطولي ، ويستخدم بكثرة لتجميد الهامبورجر وشرائح وأصبعيات الأسماك والوجبات لجاهزة . وهو يعمل بطريقة مستمرة ودرجة حرارة الهواء
من –30 إلى –35ْم وسرعة الهواء من 4 – 6 م / ثانية وسرعة التجميد من 4–8سم / ساعة (تجميد سريع) ومدة التجميد من 20 إلى 120 دقيقة طبقاً لسمك المادة المطلوب تجميدها.



شكل (4–37): نفق تجميد ذو سيور طولية وذو سيور حلزونية

– جهاز التجميد ذو الطبقة المثارة (Fluidized bed Freezer)

يوضح الشكل رقم (4–38) رسماً تخطيطياً لهذا الجهاز . وهو يتكون من



شكل رقم (4–38):جهاز التجميد ذو الطبقة المثارة

أرضية معدنية مثقبة مائلة قليلاً بحيث يتم تغذيتها من الطرف العلوي باستمرار بالمادة الغذائية المطلوب تجميدها في صورة سائبة فتتحرك المادة تجاه الطرف

السفلي ، وفي هذه الأثناء يدفع هواء بارد (−35ْم) من أسفل لأعلى بسرعة شديدة تصل إلى 8 م/ث بحيث لا تظل قطع المادة الغذائية ساكنة في فمكانها على أرضية سطح التجميد بل ترتفع عن السطح قليلاً وتصبح معلقة في الهواء البارد (لذلك يسمى مجمد الطبقة المثارة) وتكون كل قطعة من المادة الغذائية محاطة بالهواء البارد من جميع الاتجاهات ، وبهذا يتم تجميد المادة الغذائية بسرعة ونقلها بواسطة الهواء في اتجاه طرف الخروج من الجهاز دون الحاجة إلى سيور نقل ميكانيكية . وفي تطوير حديث لهذا النوع من الأجهزة تم تطبيق نفس الفكرة على مجمدات النفق ذات السيور الطولية لتجمع بين طريقتي النقل بالسير والنقل بإثارة الطبقة الغذائية . ويستخدم جهاز التجميد ذو الطبقة المثارة لتجميد قطع الخضر مثل مكعبات البطاطس والقلقاس والباميا والبسلة والخرشوف و تبلغ سرعة التجميد من 8 −12سم / ساعة ومدة التجميد لا تزيد عن 10 دقائق (تجميد سريع جداً).

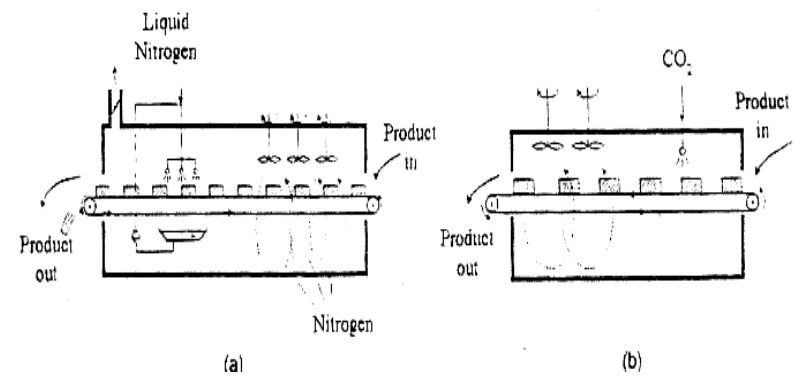
2/6/2/4 أجهزة التجميد الفوري (Cryogenic Freezers) : −

تعتبر هذه الطريقة من أسرع طرق التجميد وتتم كما هو موضح بالشكل رقم (4−39) بنقل الأغذية المراد تجميدها على سيور ثم ترش برذاذ من النتروجين السائل أو الفريون السائل أوثاني أكسيد الكربون السائل ، وعادة فإن سائل النتروجين هو أكثر سوائل التبريد انتشاراً في نظم التجميد بالغمر لأن
نقطة غليانه تصل إلى − 196ْم وبذلك فإن معدلات التجميد به تكون عالية جداً خاصة إذا ما كان سريان سائل النتروجين في إتجاه معاكس لحركة المنتج المراد تجميده حيث يتلامس بخار النتروجين مع المادة الغذائية الداخلة إلى الجهاز ويعمل على تبريدها وتجميد الطبقة السطحية لها قبل أن تتلامس مع رذاذ النتروجين السائل ليتم التجميد الكامل وتعمل المراوح على توزيع بخار النتروجين (أو ثاني أكسيد الكربون) توزيعاً جيداً على سطح المادة الغذائية ومدة التجميد تصل لأقل من دقيقة واحدة وسرعة التجميد من 12 − 20 م/ث (تجميد فوري) . وتسمى هذه الطريقة بالـ Cryogenic نظراً للتلامس المباشر بين سائل التبريد والمادة الغذائية.

ويتميز التجميد المباشر بسوائل التبريد بما يلي : −

1− الفقد في رطوبة المادة الغذائية أثناء التجميد لا يتعدى 1%

التجميد يتم في جو خامل نتيجة استبعاد الأكسجين وبالتالي تقليل التغيرات



شكل رقم (4–39): جهاز التجميد الفوري بالتلامس المباشر مع رذاذ سائل التبري

2- الأوكسيدية للمادة الغذائية.

3- سرعة التجميد عالية ومدة التجميد قصيرة جداً.

4- انخفاض رأس المال اللازم لها مع سهولة استعمالها.

أما عيوبها فهي : -

1- ارتفاع تكاليف التشغيل نظراً لارتفاع ثمن النتروجين السائل.

2- تعرض المادة المجمدة للتشقق نظراً للسرعة العالية جداً للتجميد.

وهناك طرق أخرى للتجميد بالغمر المباشر للمادة الغذائية في محاليل ملحية أو سكرية باردة تعمل على التجميد السريع للمواد الغذائية مثل الخضر والفاكهة .

7/2/4 بعض التغيرات التي تحدث أثناء تجميد وتخزين الأغذية المجمدة :-

أ – التغيرات التي تحدث أثناء التجميد Changes during freezing :

1- يؤدي التجميد لإبطاء التفاعلات الكيميائية والإنزيمية بسرعة في الأغذية ويبطئ من نمو الميكروبات ويكون التجميد السريع أسرع في إبطاء التغيرات السابق الإشارة إليها عن التجميد البطيء وتعتبر التغيرات الطبيعية التي تصاحب التجميد في غاية الأهمية حيث يحدث تمدد في حجم الأغذية المجمدة وتتكون البلورات الثلجية وتنمو في الحجم وعادة ما تكون هذه البلورات أكبر في حالة التجميد البطيء ، كما تتراكم البلورات الثلجية بدرجة أكبر من خلايا الأنسجة خاصة في التجميد البطيء مما قد يؤدي لتحطيم الخلايا. وتوجد السوائل إما داخل الخلايا أو خارج الخلايا وتكون السوائل الموجودة خارج الخلايا أقل في التركيز والقوة الأيونية مما يؤدي لسرعة تجميدها عن السائل داخل الخلايا. ويؤدي تجميد السوائل خارج الخلية لزيادة تركيز المواد الصلبة في الجزء غير المتجمد منها مما يؤدي لسحب الماء أسموزيا من داخل الخلايا

فيؤدي لنمو وتطور حجم بلورات الثلج خارج الخلايا خاصة في حالة التجميد

البطيء.

2- ويؤدي زيادة تركيز الأملاح في الجزء الغير متجمد في الخلايا إلى حدوث نزع للماء المرتبط بالبروتينات Salting out وتجفيف ودنترة للبروتينات وتفقد مقدرتها على ربط الماء مما يؤدي لحدوث تغيرات غير عكسية في النظام الغروي.

3-بالنسبة للبكتريا فإن بعضها قد يموت في نطاق درجات الحرارة من -1 إلى -5°م حيث وجد أنه في هذا النطاق من درجات الحرارة يحدث موت لنسبة من البكتريا وكلما زاد الزمن في هذا النطاق زاد عدد البكتريا التي يحدث لها موت ولذلك تموت خلايا أكثر أثناء التجميد البطيء عن التجميد السريع ولو أنه يحدث في نفس الوقت تغيرات طبيعية غير مرغوبة في التجميد البطيء عن السريع .

4- يجب أن يؤخذ في الاعتبار أن نسبة الميكروبات التي تموت بالتجميد ضئيلة ولا يعتبر التجميد وسيلة لقتل الميكروبات بل إن التجميد يعتبر وسيلة من وسائل حفظ مزارع البكتريا .

ب- التغيرات أثناء التخزين Changes during storage :

تحدث التغيرات الكيميائية ببطء أثناء تخزين الأغذية في حالة مجمدة : -

1- فبالنسبة للدهون تتعرض المواد المجمدة الغنية بالدهون للتزنج الأكسيدي . ومن أهم الأمثلة تعرض الأسماك الدسمة للفساد أثناء حفظ السمك بالتجميد. والدهون في الأسماك المجمدة أسرع في التزنخ من دهون الأنسجة الحيوانية الأخرى وزيوت النباتات وذلك لزيادة نسبة الدهون عديدة مناطق عدم التشبع بها لذا ينصح بتخزين الأغذية المجمدة بمعزل عن الهواء وبتغليفها تغليفاً محكماً.

2- أما البروتينات فقد يحدث لها تخثير غير عكسي نتيجة لزيادة تركيز الأملاح في الجزء غير المتجمد وقد يتأكسد مركب الميوجلوبين المسئول عن إكساب اللحوم الطازجة اللون الأحمر المرغوب إلى مركب الميتاميوجلوبين البني اللون مما يقلل من جودة اللحوم المخزنة بالتجميد.

3- ويعتبر فيتامين (C) أكثر الفيتامينات تأثراً بالتجميد خاصة عند عدم تغليف الأغذية المجمدة حيث يتناقص هذا الفيتامين طوال فترة التخزين. أما فيتامينات D,A فتظل ثابتة أثناء التخزين وقد يتأثر فيتامين B ولكن بدرجة بسيطة.

4- ويمكن للإنزيمات أن تكون نشطة في المواد الغذائية المجمدة جزئياً ولكنها قد تظل خاملة ثم تنشط بعد انصهار المادة الغذائية .

5- أما بالنسبة للبكتريا فإن انخفاض درجات الحرارة عن الدرجة المثلى لنشاطها يؤدي إلى خفض نشاطها إلى حد كبير حتى يتوقف نشاطها كلية بانخفاض درجة الحرارة عن حد معين. ويحدث أثناء التخزين بالتجميد موت بطيء لعدد من الميكروبات ولكن أغلب أنواع البكتريا يمكن أن تظل حية لعدة شهور أو حتى سنوات. وهناك بعض أنواع البكتريا يمكن أن تنمو حتى - 4ْم أو أعلى من ذلك في البسلة والفاصوليا الخضراء والقرنبيط والسبانخ واللحوم المجمدة. ويمكن أن تنمو الفطريات ببطء في الأغذية المجمدة حتى - 8.9ْم أما الخميرة فيمكن أن تنمو أيضاً حتى درجة - 8.9ْم أو أعلى من ذلك .

وقد يحدث للمحلول المركز من الأملاح والسكريات أن ينضح من عبوة الفواكه أو المركزات أثناء التخزين كمادة لزجة يطلق عليها السائل الميتاكريوني.

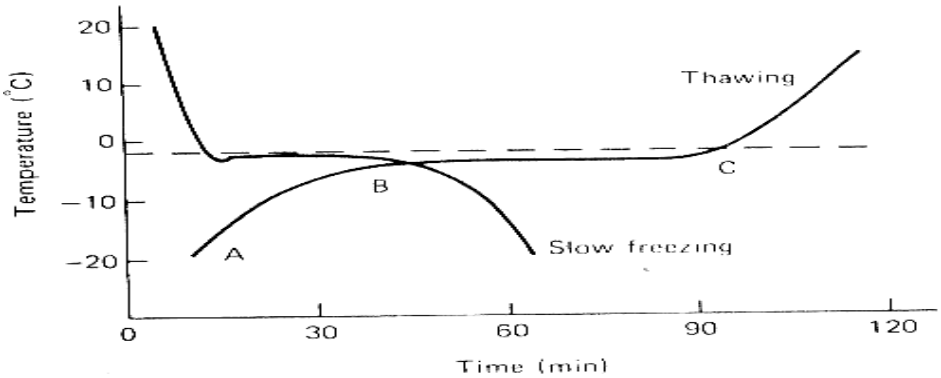
ويؤدي تذبذب درجات الحرارة أثناء الحفظ بالتجميد إلى نمو البلورات الثلجية مما يؤدي لحدوث تحطيم الأنسجة. وقد يحدث جفاف سطحي للأغذية المجمدة Desiccation أثناء التخزين بسبب تسامي الثلج المتكون على سطح المادة عندما يكون الضغط البخاري للثلج أعلى من الضغط البخاري للرطوبة في الوسط المحيط وعلى مواسير التبريد مما يؤدي لحدوث تبخير مستمر من سطح المادة الغذائية ويتقدم وزيادة حدوث هذا الجفاف السطحي تتكون على السطح طبقة معتمة جافة بيضاء أو رمادية أو بنية اللون تعرف بحرق التجميد أو حرق المجمد Freezing burn ويمكن منع حدوث حرق التجميد بتغليف المواد الغذائية بمواد مانعة لنفاذ الرطوبة أو بتغطية الغذاء بطبقة رقيقة من الثلج بعد تجميده بتعريضه لرذاذ ماء وتعرف تلك العملية بالجلزنة Glazing أو بالتجميد في قوالب مملوءة بالماء أو محلول ملحي مخفف. وتخزن الأغذية المجمدة على درجة - 18ْم أو أقل ويوضح جدول (4-3) فترة الصلاحية التقريبية لتخزين بعض الأغذية المجمدة.

8/2/4 صهر الأغذية المجمدة : Thawing of frozen foods :-

عند إجراء صهر للأغذية المجمدة بواسطة الهواء أو الماء فإن طبقة الثلج السطحية تنصهر لتكون طبقة مائية. وحيث أن كلا من معامل التوصيل الحراري Thermal Conductivity ونفاذية الحرارة Thermal diffusivity للماء أقل من الثلج فإن الطبقة المائية السطحية تؤدي إلى خفض معدل انتقال الحرارة إلى الأجزاء الداخلية للمادة الغذائية المجمدة.

ويزداد هذا التأثير العازل للماء بازدياد الطبقة المنصهرة من الغذاء . لذلك فإن

صـهر الأغذيـة المجمـدة يسـتغرق وقتـاً أطـول مـن عمليـة التجميـد ذاتهـا عنـدما يتساوى الفرق في درجات الحرارة والظروف الأخرى لكل منهما . ويبين الشكل التالي شكل (4–40) مسار عملية صهر الأغذية المجمدة .



شكل(4–40): منحنى صهر الأغذية المجمدة

وفي هذا الشكل نجد أن الارتفاع السريع في درجة الحرارة(في الجزء AB من المنحنى) يرجع إلى وجود طبقة معنوية من الماء حول سطح المادة الغذائية. وفي الجزء الثاني من المنحنى (BC) نجد أن درجة حرارة المادة الغذائية تظل قريبة من درجة حرارة إنصهار الثلج لمدة طويلة . ويؤدي أي تلف حدث في الخلايا أثناء عملية التجميد البطيء أو عملية إعادة تكوين
البللورات أثناء التخزين المجمد إلى خروج مكونات الخلية ليحدث فاقد الإنصهار drip losses . ويؤدي هذا إلى حدوث فقد في المكونات الغذائية
الذائبة في الماء (فعلى سبيل المثال يؤدي فاقد الإنصهار في اللحوم البقرية المجمدة إلى فقد 12% من الثيامين ، 10% من الريبو فلافين ، 14% من النياسين ، 32% من البيريدوكسين Pyridoxine ، 8% من حمض الفوليك. كما أن الفواكه تفقد حوالي 30% من محتواها من فيتامين C) .
بالإضافة إلى ذلك فإن السائل الفاقد drip losses يعتبر بيئة مناسبة لنشاط الأنزيمات والميكروبات . ويؤدي التلوف الميكروبي للغذاء، كنتيجة لعدم كفاءة عمليات التنظيف والغسيل والسلق قبل التجميد ، إلى التأثير الضار على الغذاء خلال فترة الإنصهار . وعلى النطاق الصناعي ، فإن المادة الغذائية المجمدة يتم صهرها إلى أن تقرب درجة حرارتها من درجة حرارة التجمد حتى يمكن الاحتفاظ بقوامها المتماسك لخطوات التصنيع التالية لعملية الصهر (وتسمى هذه العملية بالتطرية Tempering).

جدول(4-3): فترة الصلاحية التقريبية لتخزين بعض الأغذية المجمدة على درجة -18°م.

فترة الصلاحية	أنواع الأغذية
9 – 12 شهر	كل الخضروات والفواكه (عدا الموالح)
حوالي 9 شهور	لحم الضأن – الكندوز – الطيور – البيض – الدواجن الكاملة – الجبن الشيدر – المخبوزات – كيك الفاكهة المعبأ.
حوالي 6 شهور	الدواجن الصغيرة – لحم الديوك الرومي – البط – أغلب أنواع السمك – الدواجن المقطعة – الجمبري غير المقشر – الخبز – عيش الغراب Mushrooms
حوالي 4 شهور	اللحم المفروم – الأرز – أغلب القشريات – الأسماك الدهنية – الفطائر المغلفة – الكبد والقلب – القشدة المخفوقة – لحم الخنزير
حوالي 2-3 شهور	الموالح – لحم الخنزير المفروم – الفطائر غير المعبأة – الجمبري المطبوخ المقشر – معظم الفواكه المطبوخة
أقل من شهر واحد	المثلوجات القشدية – اللبن المجنس – العجائن المتخمرة – السندوتشات

وعادة ما يتم إعداد الأغذية المنصهرة فوراً للاستهلاك بالتسخين على درجات حرارة مرتفعة تكفي لقتل الأحياء الدقيقة . وعند صهر المادة الغذائية المجمدة باستخدام موجات الميكروويف فإن الطاقة الحرارية تتولد داخل الغذاء ذاتها وتسلك المادة المجمدة في تسخينها سلوكاً مختلفاً عن التسخين العادي المشار إليه سابقاً.

أجهزة الصهر Thawing equipment :-

تعتمد طرق الصهر (فك التجميد) على كل من الصفات الحرارية وصفات المقاومة الكهربائية للمادة الغذائية . وتعتمد الطرق الحرارية لفك التجميد على نقل الحرارة من الهواء أو الماء أو البخار إلى المادة الغذائية المجمدة. أما الطرق الكهربية فتعتمد على مدى مقاومة المادة الغذائية لتوصيل الكهرباء وبالتالي تسخن هي ذاتيها إذا تعرضت لتيار كهربي باعتبارها مقاومة، أو على مقدرتها على امتصاص موجات الميكروويف التي تعمل على إثارة جزيئات الماء داخل الغذاء والتي تحدث بالتالي حركة احتكاكية داخل كتلة الغذاء المجمد وتمتص طاقة الاحتكاك وتتحول إلى حرارة تسخن المادة المجمدة من العمق. ويوضح الشكل رقم (4-41) بعض الأجهزة المستخدمة لصهر المادة الغذائية المجمدة.

صهر المجمدات بالهواء :-

تعتمد طريقة صهر المجمدات بالهواء على نقل الحرارة للمادة المجمدة بفعل تيارات الحمل والتوصيل من طبقة الهواء المحيطة بها. وتمتاز طريقة الصهر بالهواء بملائمتها لفك تجميد جميع الأحجام من ذبائح لحم كبيرة إلى قطع لحم صغيرة السمك. ويجب المحافظة على الرطوبة النسبية داخل الجهاز ما بين 85% إلى 100% للإقلال من الفقد بالتبخير ، ودرجة حرارة الهواء عند 5ْم لتجنب النمو الميكروبي وقد يتم الصهر على مرحلتين ففي المرحلة الأولى يستخدم هواء درجة حرارته 20ْم إلى أن يصل متوسط درجة حرارة الذبيحة (درجة الحرارة السطحية وفي المركز) إلى صفرْم ثم يستكمل الصهر في مرحلة ثانية بهواء على درجة حرارة 5ْم. ويساعد وجود لمبات أشعة فوق بنفسجية في غرفة الصهر على منع النمو الميكروبي .

صهر المجمدات بالماء :-

تستخدم طريقة فك المجمدات بالماء عادة للأغذية المعبأة والمغلفة لمنع التلوث الميكروبي. يتم صهر بلوكات السمك المجمد بهذه الطريقة وفي بعض طرق فك التجميد بالماء يتم إدخال غشاء بلاستيكي بين الماء والمادة المجمدة لتفادي الفقد في اللون ويجب أن لا تزيد درجة حرارة الماء المستخدم عن 20ْم .

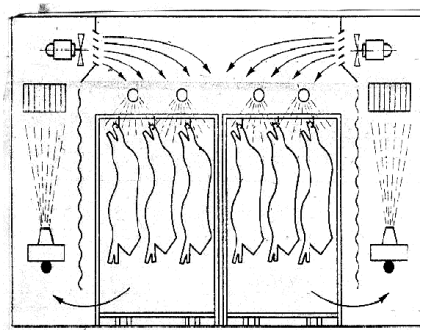
صهر المجمدات بواسطة أجهزة تفريغ :

تعتمد هذه الطريقة على وضع بلوكات المادة الغذائية المجمدة في أسطوانة أفقية مغلقة ثم يتم خلخلة وطرد الهواء من الاسطوانة فيصبح الضغط في الوسط المحيط بالعبوات المجمدة أقل من الضغط الجوي العادي (أي يحدث تفريغ).
وعند تسخين الماء الموجود في الحوض السفلي للجهاز بواسطة ملف(سربنتينة) بخار حي فإن جزء من الماء الموجود بالحوض يتبخر عند درجة حرارة منخفضة نتيجة لوجود الحوض في الجو المفرغ لجهاز الصهر، ويتصاعد البخار الناتج ذو درجة الحرارة المنخفضة نسبياً (10 – 30ْم) إلى الحيز الداخلي للأسطوانة الأفقية ويتلامس مع بلوكات الغذاء الباردة فيتكثف على أسطحها ويعمل على نقل الحرارة إلى الغذاء المجمد والذي بالتالي ينصهر وتستخدم هذه الطريقة لفك تجميد بلوكات اللحوم والأسماك والخضر والفاكهة.

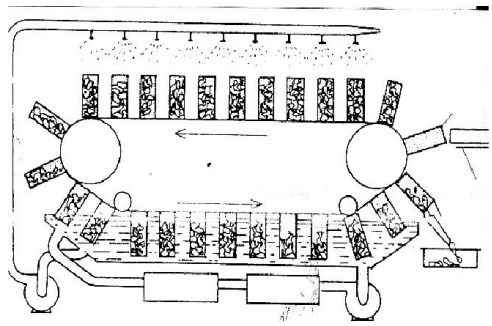
صهر المجمدات بالطرق الكهربية :

الطرق الكهربية المستخدمة لصهر المجمدات هي:-

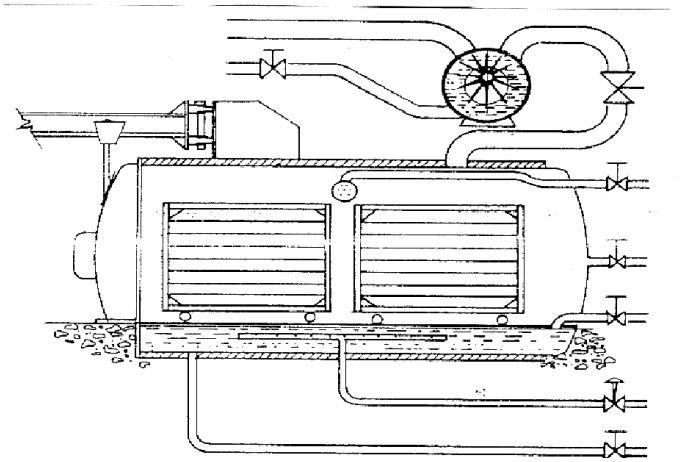
1- طريقة التسخين بخاصية المقاومة الكهربية للمادة الغذائية وذلك بوضع بلوكات المادة المجمدة المطلوب صهرها بين قطبين كهربائيين موصلان بدائرة



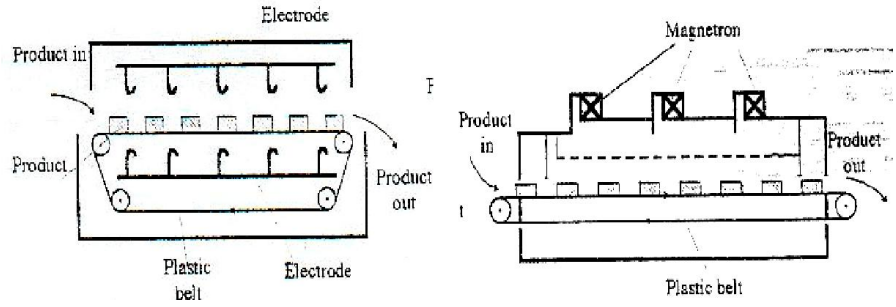
(أ)



(ب)



(ج)



(د)

شكل (4-41): أجهزة صهر الأغزية المجمدة

(أ) الصهر بالهواء (ب) الصهر بالماء (ج) الصهر بالتفريغ (د) الصهر بالطرق الكهربية

تيار كهربي وتكون المادة الغذائية هي بمثابة المقاومة الكهربية في هذه الدائرة (تماما مثل نظرية المدفأة ذات السلك الكهربي) ، وعند مرور التيار الكهربي تسخن المادة الغذائية المجمدة وينصر الثلج الموجود بها، وهذه الطريقة غير شائعة الاستخدام حتى الآن .

2- في طريقة الصهر باستخدام موجات الميكروويف توضع المادة المجمدة على سير يمر خلال حيز مركب عليه مولدات لموجات الميكروويف التي بالتالي تخترق سطح المادة المجمدة وتصل إلى العمق وتعمل إثارة لجزيئات الماء وتولد هذه الإثارة إحتكاك داخل كتلة المادة المجمدة مما يؤدي لتولد طاقة حرارية تستغل في صهر بللورات الثلج وتتوقف سرعة الصهر على طول موجات الميكروويف وترددها وسمك المادة الغذائية المجمدة وخواصها الكهربية

ويوضح الجدول التالي المدد اللازمة لصهر بلوك سمكه 7 سم من السمك المجمد باستخدام الأجهزة المختلفة.

طريقة الصهر	المدة اللازمة للحصر بالساعات
باستخدام تيار هواء	**5 – 5.5**
باستخدام الماء	**3.5 – 4**
باستخدام طريقة التفريغ	**4.5 – 5**
باستخدام موجات الميكروويف	**0.3 – 2.5**

وعند إجراء عملية الصهر للأغذية المجمدة يجب مراعاة الآتي : -

1- تحاشي التسخين الزائد للغذاء . 2- تقصير المدة اللازمة للصهر .

3- تحاشي الجفاف الزائد للغذاء .

التغيرات التي تحدث أثناء التسييح (الصهر) Changes during Thawing :

تختلف نقطة انصهار المواد الغذائية فتتراح في الخضر العادية بين – 2,8 إلى – 0.8 م° وفي الفواكه من –2.6 إلى – 0.9 م° وفي لحم البقر والغنم من – 2.2 إلى – 1.6م° أما اللبن والبيض فتصل إلى –0.55 م° وعندما تنصهر بلورات الثلج أثناء تسييح الأغذية المجمدة فإن السائل المنصهر إما أن يعاد امتصاصه في النسيج أو قد يتسرب إلى خارج الغذاء .

ويؤدي التسييح البطيء على درجات حرارة منخفضة نسبياً إلى فرصة أكبر للخلايا لاستعادة امتصاص الرطوبة عما إذا أجرى تسييح سريع ويسمى السائل الذي ينفصل بتسييح اللحوم والأسماك بالسئل الناضح Drip ويحتوي على بروتينات ذائبة وببتيدات وأحماض أمينية وفيتامينات وأملاح معدنية مما يسبب فقد في القيمة الغذائية للأغذية المجمدة أثناء تسييحها. أما السائل الذي ينفصل

بتسييح الخضر والفواكه فيسمى بالنز Leakage ويحدث بتسييحها ذبول أو ترهل لأنسجة الخضروات كما تحدث ليونة لأنسجة الفواكه ومعظم هذه التغيرات تحدث بصفة رئيسية أثناء التجميد والتخزين. ويزداد النشاط الإنزيمي أثناء التسييح كما قد يؤدي التسييح خاصة إذا كان على درجة حرارة مرتفعة لنمو الميكروبات أما إذا كان التسييح والتصنيع سريعاً فإن المشاكل التي يمكن أن تسببها الإنزيمات والميكروبات تكون أقل أثراً.

تذكر

أولا : التبريد

1- التبريد هو و حدة العمل التي يتم فيها خفض درجة حرارة المادة الغذائية إلى ما بين -1 ْم ،8ْم بغرض حفظ الأغذية عن طريق تأخير حدوث التغيرات الغير مرغوبة.

2- الوسائل المستخدمة في حفظ درجة حرارة الأغذية هي:-

- التبريد الطبيعي باستخدام الثلج العادي أو المخاليط المبردة(البراين) أو الثلج الجاف (ثلج ثاني أكسيد الكربون).
- التبريد الصناعي (النظم المغلقة للتبريد) و الأساس فيها هو استغلال الحرارة الكامنة للسوائل المتطايرة و التي تمتص عند تبخيرها جزءا من حرارة الوسط المحيط (الهواء و الغذاء).
- هناك نظامان للتبريد الصناعي هما التبريد الصناعي بالامتصاص والتبريد الصناعي بالضغط و تتكون ألة التبريد الصناعي بالامتصاص من: المبخر، و اسطوانة الامتصاص، المولد، المكثف، الصمام
- أما ألة التبريد الصناعي بالضغط فتتكون من المبخر، الضاغط (المكبس) ، المكثف ، الصمام.

3- أهم أنواع الوسائل (الموائع) المبردة هي النشادر، ثاني أكسيد الكربون، الفريون و يجب أن تتوفر خواص كيماوية و خواص طبيعية و خواص فسيولوجية معينة في سائل التبريد المستخدم.

4- تنقسم طرق التبريد المستخدمة لتبريد الثلاجات إلى:-

- التبريد المباشر: و يكون المبخرموضوعا داخل غرفة التبريد
- التبريد غير المباشر : و يكون المبخر مغمورا في حوض به محلول تبريد (براين) خارج غرفة التبريد ثم يمرر البراين في مواسير داخل غرفة التبريد.

5- وظيفة مبنى الثلاجة هو المحافظة على وسط جوي بارد داخل حيز (غرفة) الثلاجة و يكون معزولا عن الوسط الجوي الخارجي المحيط.

6- لا بد من العزل الجيد لكل من جدران و سقف و أرضية و أبواب غرفة التبريد و أهم المواد العازلة هي الفلين و الصوف الزجاجي و مادة البوليستيرول الأسفنجية و البولي يوريثان و الخشب و السيلوتكس و كذلك التفريغ التام للفراغات بين الجدران، و يتراوح سمك المادة العازلة بين 12 سم إلى 24 سم وأهم اشتراطاتها أن تكون رديئة التوصيل للحرارة و مانعة لنفاذ الرطوبة إلى داخل الثلاجة.

7- يوجد نوعان رئيسيان من مباني الثلاجات و هي الثلاجات الرأسية و الثلاجات الأفقية، كما توجد 3 أنواع رئيسية للترتيب الداخلي لغرف الثلاجات داخل المبنى الرئيسي للثلاجة.

8- يعرف **معامل التحميل** بأنه وزن المادة بالطن التي يمكن تحميلها مع كل م^2 من مساحة أرضية الغرفة، أما **معدل التحميل** فيعرف على أنه أقصى كمية مادة غذائية يمكن تخزينها لكل 1 م^3 من حجم غرفة التبريد.

9- يتكون **حمل التبريد** من مجموع كميات الحرارة اللازمة لخفض درجة حرارة المادة الغذائية و العبوات والحرارة المتولدة عن تنفس الثمار و الحرارة النافذة و الحرارة المتولدة عن المراوح و لمبات الإضائة و العمال بالإضافة إلى 20 % كحرارة إحتياطية.

و يعرف **طن التبريد** على أنه كمية حرارة تقدر ب13760 كيلو جول/ ساعة.

10- مهمة الجو الداخلي للثلاجة هو:-

تقليل النشاط الحيوي للغذاء إلى الحد الأدنى و ، تقليل سرعة التبخر من السطح الخارجي للثمار وتقليل نشاط الكائنات الحية الدقيقة. و يؤثر على الجو الداخلي للثلاجة كل من:

- درجة الحرارة و تسمي أقل درجة حرارة تحفظ عليها المادة الغذئية دون تلف باسم **Lowest safe temperature** حتى لا تتعرض للتلف التبريدي **chilling injury**
- الرطوبة النسبية للهواء الداخلي للثلاجة حتى لا يحدث تكثف للرطوبة على سطح المادة الغذائية أو يحدث جفاف لها.
- تقليب و تنقية هواء غرفة التبريد اتحسين توزيع و إنتظام درجة الحرارة داخل الثلاجة و التخلص من الروائح غير المرغوبة.

11- يجب عند تحميل و تفريغ غرفة التبريد مراعاة المسافات المناسبة عند رص البالتات

و معدلات التحميل المناسبة لكل نوع من المواد الغذائية و الكشف و التفتيش الدوري على المواد المخزونة بالثلاجات.

12- يتم إجراء عملية التبريد الأولى للمواد الغذائية قبل إدخالها إلى غرفة التخزين المبرد في الثلاجات و ذلك بهدف الخفض السريع لدرجة حرارتها من درجة حرارة الحقل إلى قرب درجة حرارة التخزين المبرد و يجرى التبريد الأولي باستخدام الماء أو الهواء البارد السريع و تستغرق المدة من 16 – 20 ساعة أو باستخدام التبريد الأولي بالتفريغ و يستغرق مدة أقل من 1 ساعة.

13- يمكن تقسيم الأغذية بالنسبة الى درجة حرارة حفظها بالتبريد الى ثلاثة مجاميع هي:

- من -1 ْم إلى +1 ْم و تشمل السمك الطازج و اللحوم و السجق و الأسماك المدخنة.
- من صفر ْم إلى +5ْم و تشمل اللبن المبستر و القشدة و الزبادي و السلاطات و المخبوزات و الوجبات الجاهزة.
- من صفر ْم إلى +8 ْم و تشمل الأسماك المطهية و اللحوم المملحة و الزبد و المارجرين و الجبن و الفواكه و الخضروات.

14- يزداد التأثير الحافظ للتبريد إذا كان مصحوبا بالعاملات التالية:

- استخدام مواد مطهرة سطحية
- تطبيق معاملة سطحية للثمار مثل التشميع أو الغمر في محلول زيتي نباتي
- المعاملة بالإشعاع
- التخزين في جو خال أو شحيح لأكسجين مثل التخزين في جو محكم أو في جو مراقب أو في جو معدل.

ثانيا: التجميد

1- التجميد هو وحدة العمل التي يتم فيها خفض درجة حرارة المادة الغذائية إلى أقل من نقطة التجميد (من صفر إلى -3.5 ْم) و تحويل الماء داخل الغذاء من الصورة السائلة ليكون بللورات ثلجية مما يؤدي إلى خفض درجة النشاط المائي للغذاء ووقف النشاط الحيوي و الميكروبي.

2- يتميز منحنى التجميد للمادة الغذائية ب4 مراحل هي:-

- مرحلة خفض درجة الحرارة إلى درجة حرارة أقل قليلاً من نقطة التجميد (حرارة ملموسة)
- مرحلة الإرتفاع اللحظي لدرجة الحرارة إلى نقطة التجمد
- مرحلة تحويل الماء داخل الغذاء من الصورة السائلة إلى الصورة الصلبة (حرارة كامنة)

– مرحلة خفض درجة حرارة الغذاء المجمد إلى درجة حرارة أقل من نقطة التجمد (حرارة ملموسة)

3– تقسم طرق التجميد بناء على الزمن الكلي اللازم لتجميد إلى 3 طرق هي:–

– التجميد البطيء و يكون حجم بللورات الثلج المتكونة داخل الغذاء كبير نسبيا و عددها محدود

– التجمبد السريع و يكون حجم بللورات الثلج المتكونة صغير نسبيا و عددها كثير

– التجميد الصارخ و يكون عدد بللورات الثلج المتكونة كبير جدا و متناهية الصغر في الحجم و يعتبر التجميد السريع أفضل من التجميد البطيء لمحافظته على قوام و تماسك الغذاء و تقليل الفاقد عند إعادة الصهر.

4– أهم الظواهر التي تحدث للمادة الغذائية عند تجميدها هي:–

تكوين بللورات الثلج ، تركيز المادة المذابة المتبقية على صورة سائلة بعد انتهاء التجميد، التغير(الزيادة النسبية) في الحجم

5– تشمل خطوات التجميد ما يلي:–

الاستلام ، التنظيف و الغسيل ، الفرز : التقطيع و التجهيز ، السلق، التبريد بعد السلق ،التجميد، التعبئة الجزئية، التعبئة المجمعة ، التخزين المجمد

6– يمكن إجراء عملية التنظيف و الغسيل بطريقتين:

– التنظيف الجاف باستخدام فرش أو تيار هواء والغسيل باستخدام المياه أو محاليل غسيل

– و ألات الغسيل هي: – ألات الغسيل ذات السير و يتم الغسيل بواسطة أدشاش مياه و قد تستخدم مضخة لإعادة استخدام المياه

– الات غسيل حوضية ذات سيرمائل ناقل و يتم الغسيل بالغمر في مياه الحوض و قد تستخدم مروحة لدفع هواء داخل مياه الحوض و يستكمل الغسيل بواسطة أدشاش

– ألة الغسيل البرميلية (الاسطوانية) و التي تستخدم أسطوانة مثقبة تدورمغمورة داخل حوض مياه للغسيل.

7– الهدف من الفرز هو فصل الأجزاء التالفة من الثمار السليمة و يتم الفرز بعدة طرق:الفرز طبقا للكثافة ، الفرز الضوئي و الكهربي ، الفرز اليدوي

8– الهدف من التدريج هو فصل مجموع الثمار إلى أقسام ذات أحجام متساوية و أهم أجهزة التدريج هي: أجهزة التدريج ذات السيور المثقبة ، أجهزة التدريج

البرميلية (الاسطوانية) متعددة الثقوب وأجهزة التدريج ذات البكرات وجهاز التدريج المخروطي

9- الهدف من التقشيرهو إزالة الأجزاء الغير مرغوبة أو الغير صالحة للاستهلاك و تجرى عملية التقشير بالطرق اتالية: التقشير السطحي الكنتوري باستخدام السكاكين الميكانيكية ، التقشير باستخدام الألواح المسسنة، نزع الطبقة السطحية (الجلدية) بالشد ، و نزع الريش بالمضارب المطاطية ، التقشير باستخدام البخار، التقشير بالإحتكاك مع أسطح صلبة خشنة مثل الكربوراندیوم، التقشير بالقلوى و التقشير باللهب.

10- الهدف من التقطيع هو إختزال الحجم الطبيعى للثمرة إلى قطع صغيرة لتسهيل إنتقال الحرارة و تسهيل التعبئة و التداول للمنتج المجمد و تستخدم فى التقطيع سكاكين طولية أو قرصية أو مخروطية و يمكن تقطيع الثمار بإحدى الميكانيكيات التالية:

التقطيع فى اتجاه واحد التقطيع فى اتهاجين التقطيع فى 3 اتجهات

11- السلق هو رفع درجة حرارة المادة الغذائية إلى 70-98 م لعدة دقائق بهدف تثبيط الإنزيمات، طرد الهواء المحجوز داخل أنسجة الثمار، خفض الحمل الميكروبى، و إحداث تطرية للأنسجة و تحسين المظهر الخارجى للخضروات. و يتم السلق إما بالماء الساخن أو بالبخار وأهم أجهزة السلق هى: جهاز السلق البرميلى بالماء، جهاز السلق و التبريد بالماء ذو السيور، جهاز السلق الصندوقى بالبخار، جهاز السلق السريع بالبخار Individual quick blancher

12- قد تضاف بعض المواد لمياه السلق مثل كربونات الصوديوم أو ملح كلوريد الصوديوم أو كلوريد الكالسيوم. و يتم اختبار كفاءة عملية السلق بالكشف عن مدى وجود إنزيم الكاتاليز و إنزيم البيروكسيديز.

13- يمكن تقسيم أجهزة التجميد إلى:-

- أجهزة تجميد تعمل بالتلامس غير المباشر بين سائل التبريد و المادة الغذائية مثل جهاز التجميد ذو الألواح، كبائن و أنفاق التجميد و منها أنفاق التجميد ذو السيور الطوالية و أنفاق التجميد ذو السيورالحلزونية، جهاز التجميد ذو الطبقة المثارة
- أجهزة تجميد فورية تعمل بالتلامس المباشر بين سائل التبريد و المادة الغذائية مثل جهاز التجميد برذاذ النيتروجين أو الفريون أو ثانى أكسيد الكربون السائل.

14- تتمثل التغيرات التى تحدث للمادة الغذائية أثناء التجميد و التخزين المجمد فى:-

- إبطاء التفاعلات الكيمائية و الإنزيمية ووقف أو بطء النشاط الميكروبى
- دنترة البروتينات
- تعرض المواد المجمدة الغنية بالدهون للتزنخ الأكسيدى أثناء التخزين المجمد
- حدوث فقد فى فيتامين C
- حدوث نضوح للمحلول المركز المتبقى بعد التجميد فى الغذاء إلى خارج الغذاء
- نمو البللورات الثلجية أثناء التخزين و حدوث تمزق للأنسجة
- يجب تخزين الأغذية المجمدة على درجة حرارة - 18 ° م و صلاحيتها من 6 إلى 9 شهور

15- يتم صهر الأغذية المجمدة اما باستخدام الهواء أو بالماء (20 ° م) أو باستخدام أجهزة التفريغ أو بالطرق الكهربية مثل الصهر بالمقاومة الكهربية أو موجات الميكروويف.

16- يؤدي الصهر البطىء على درجات حرارة منخفضة نسبيا إلى فرصة أكبر لخلايا النباتية و الحيوانية لاستعادة إمتصاص الرطوبة. و يسمى السائل الذي ينفصل بصهراللحوم و الأسماك بالسائل الناضح "Drip" بينما يسمى السائل المنفصل عن الخضر و الفاكهة بالنز" Leakage" ، كما يزداد النشاط الإنزيمي و الميكروبي أثناء الصهر البطيء.

الباب الخامس: حفظ الأغذية بالمعاملات الحرارية

يقصد بالمعاملات الحرارية للأغذية هو تعريض المادة الغذائية إلى درجات حرارة مرتفعة لمدد محددة بغرض القضاء على الميكروبات المرضية والميكروبات والإنزيمات المسببة للفساد. وتعتبر المعاملات الحرارية من أهم طرق حفظ الأغذية. ويمكن تقسيم المعاملات الحرارية للأغذية طبقاً لشدة المعاملة إلى نوعين هما البسترة Pasteurization والتعقيم Sterilization حيث أن البسترة تتم على درجات حرارة ومدة أقل من التعقيم. وسوف يتناول هذا الجزء شرحاً موجزاً لكل من عمليتي البسترة والتعقيم لحفظ الأغذية.

1/5 الأسس العملية للمعاملات الحرارية للأغذية :

يتم تقدير المعاملة الحرارية للأغذية على أساسين هامين هما:

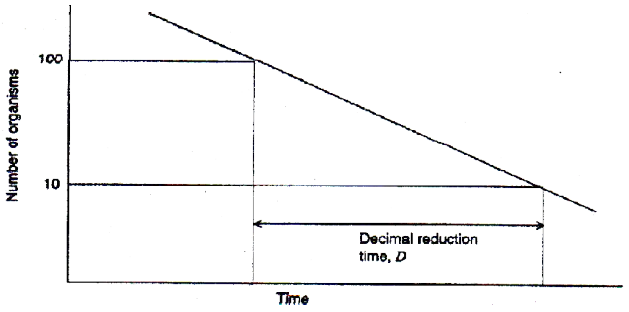
أ – تقدير مدى المقاومة الحرارية للميكروبات المختلفة المرضية والمسببة للفساد.

ب – تقدير معدل انتقال الحرارة داخل المادة الغذائية أثناء المعاملة الحرارية . وفيما يلي شرحاً مختصراً لهذين الأساسيين:

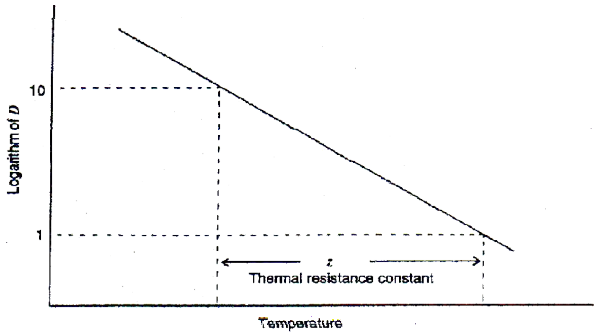
أ – تقدير مدى المقاومة الحرارية للميكروبات:-

عند تعريض معلق ميكروبي لدرجة حرارة مرتفعة لمدة معينة فإن عدد الخلايا الميكروبية الحية الموجودة ينقص من العدد الابتدائي (No) إلى عدد نهائي (N) بعد مدة (t) من التسخين على درجة حرارة معينة كما هو موضح بالشكل (5–1) ، ويتوقف العدد النهائي (N) على مدى مقاومة الميكروب للقتل بالحرارة عند درجة الحرارة المستخدمة.

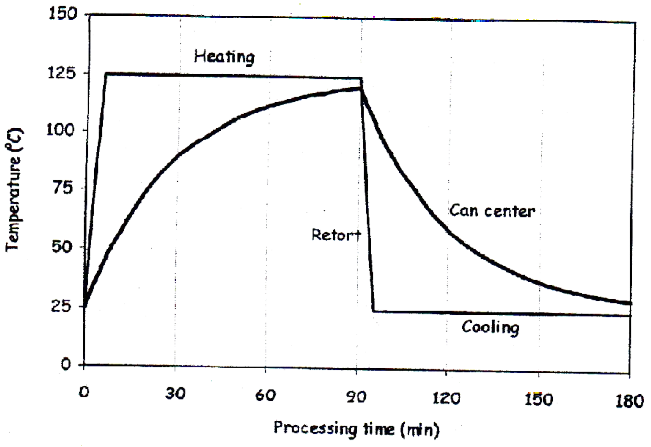
ويستخدم مصطلح " وقت النقصان العشري " Decimal reduction time أو (D- Value) للتعبير عن المدة اللازمة لخفض عدد الميكروبات إلى العشر عند التسخين على درجة حرارة محددة. وكما هو موضح بالشكل رقم(5–1) فإذا كان العدد الابتدائي للخلايا الحية للميكروب هو 100 فإنها تنخفض بعد مدة من التسخين قدرها (D) دقائق (أو ثوان) إلى 10 وتحتاج لنفس الوقت لكي ينخفض العدد من 10 إلى 1 وهكذا . وإذا ما ارتفعت درجة حرارة التسخين من (t_1) إلى (t_2) فإن الزمن (D) اللازم ، لخفض عدد الخلايا الحية يقل ، أي أن قيمة D لنفس الميكروب تتغير بتغير درجة الحرارة ، ويعرف مقدار التغير في درجات الحرارة اللازم لخفض قيمة D إلى العشر بالإصطلاح ثابت المقاومة الحرارية Thermal resistance constant للميكروب أو ما يعرف بالاصطلاح (Z).وكما هو موضح بالشكل رقم (5–2) إذا كانت قيم(D)



شكل رقم (5-1): منحنى معدل القتل الميكروبي



شكل رقم (5-2): منحنى المقاومة الحرارية للميكروبات



شكل رقم (5-3): منحنى التسخين و التبريد أثناء تعقيم المعلبات

عند (t_1) = 10 دقائق مثلاً فإنها تحتاج إلى ارتفاع في درجة الحرارة مقداره (Z) لتصبح قيمة D = 1 دقيقة لنفس الميكروب عند (t_2) والفرق بين ($t_1 - t_2$) = Z في هذه الحالة. والقيمتان D ، Z هامان جداً في تقدير الزمن اللازم لإتمام المعاملة الحرارية المطلوبة.

ب – تقدير معدل انتقال الحرارة داخل المادة الغذائية :-

يعتمد حساب الزمن اللازم لإتمام المعاملة الحرارية على وصول درجة الحرارة في المركز الداخلي للعبوة الغذائية إلى درجة حرارة المعاملة المطلوبة وبقاء المركز على هذه الدرجة من الحرارة لمدة كافية لقتل الأحياء الدقيقة المسببة للفساد.والسبب في اختيار مركز العبوة كمقياس لدرجة الحرارة يكمن في أن درجات الحرارة داخل العبوة غير متجانسة فهناك جزء يسخن بسرعة وهو الموجود بالقرب من جدران العبوة بينما يكون الجزء الآخر أبرد وهو الموجود في مركز (منتصف) العبوة، لذلك تبني جميع حسابات المعاملة الحرارية على هذا الجزء (المركز) البطيء التسخين لضمان بقاء المادة الغذائية مدة كافية أثناء المعاملة الحرارية لوصول هذا المركز إلى درجة الحرارة المطلوبة وضمان تعقيمه . وكما هو موضح بالشكل رقم (5–3) نجد أن درجة حرارة جهاز التعقيم وبالتالي درجة حرارة سطح العبوة الغذائية أعلى بكثير من درجة الحرارة في مركز العبوة إلى أن تتساوى درجات الحرارة تقريباً ولكن بعد مدة كافية من المعاملة الحرارية ويكون هذا الفرق (كما هو موضح بالشكل) سالباً في فترة التسخين وموجباً في فترة التبريد التي تعقب في نهاية المعاملة الحرارية.

وبالاستعانة بمنحنى التدرج الحراري لمركز العبوة أثناء التسخين–المنحنى السفلي في شكل رقم (5–3) – وبكل من قيم D ، Z للميكروب المرجعي للمعاملة الحرارية يمكن حساب المدة المرجعية للمعاملة الحرارية(F_0). وتعرف (F_0) بأنها المدة اللازمة لتسخين المنتج على درجة حرارة مرجعية معينة (في التعقيم تعتبر درجة حرارة 121.1°م أو ما يعادلها 250°ف هي درجة الحرارة المرجعية) لكي ينخفض العدد الميكروبي في العبوة الغذائية للحد الآمن المطلوب وفي التعقيم التجاري فإن F_0 (D) = 5 وفي التعقيم الطبي فإن F_0 (D) = 12 .

ونظراً لأن مركز العبوة الغذائية يمر بدرجات حرارة عديدة من بدء المعاملة الحرارية إلى أن يصل إلى قرب درجة الحرارة المرجعية للتعقيم (كما هو موضح بالشكل5–3) فإنه يجري تقييم لمدى مشاركة كل درجة حرارة مر بها الغذاء والمدة التي ظل عليها في مقدار التعقيم المطلوب ثم تجمع هذه المقادير لتعطي في النهاية قيمة أكبر من قيمة (F_0) . أما إذا كان حاصل جمع هذه المقادير أقل من

قيمة (F_0) فمعنى ذلك أن الطريقة (درجة الحرارة والمدة) التي تمت بها المعاملة تعتبر غير كافية للوصول إلى حد التعقيم المطلوب للعبوة الغذائية ويتطلب ذلك تعديل في درجة حرارة التسخين والمدة.

ويوضح الجدول رقم (5–1) قيم D ، Z لبعض الميكروبات الهامة للمعاملات الحرارية للأغذية .

جدول (5–1): ثوابت المقاومة الحرارية لبعض البكتريا المتجرثمة و المستخدمة كأساس لحساب مدة التعقيم الحراري للأغذية منخفضة الحموضة

Micro-organism	Z-Value (°C)	D_{121} value (min)	Typical foods
Thermophilic (35-55°C)			
Bacillus stearothermophilus	9-10	3.0 – 4.0	Vegetables. Milk
Clastridium thermosaccharolyticum	7.2 – 10	3.0 – 4.0	Vegetables
Mesophilic (10 – 40°C)			
Clostridium sporogenes	8.8-11.1	07-1.5	Meats
Bacillus subtilis	4.1 – 7.2	0.3 – 0.76	Milk products
CL botulinum toxins A and B	5.5	0.1 – 0.3	Low-acid foods
B. coagulans	6-9	0.01-0.07	Milk
B. cereus	36	3.8	Milk
Psychrophilic (- 5 – 1.5°C)	10	3.0 (60°C)	Low-acid foods
CL botulinum toxin E			

كما يوضح الجدول رقم (5–2) بعض قيم (F_0) : أقل مدة تعقيم (تسخين) على درجة حرارة مرجعية (121.1°م) اللازمة لضمان تعقيم بعض المنتجات الغذائية.

جدول (5–2): قيم F_0 اللازمة لتعقيم بعض المنتجات الغذائية

Product	F_0 values (min)

Vegetables	3 – 6
Soups	4 – 5
Carrots in brine	3 – 4
Beans in tomato sauce	4 – 6
Herrings in tomato sauce	6 – 8
Meat in gravy	12 – 15

2/5 البسترة Pasteurization:

1/2/5 الهدف من البسترة :

يقصد بالبسترة تعريض المنتجات الغذائية لدرجة حرارة ولفترة من الوقت تسمح بقتل عدد كبير من الأحياء الدقيقة ولكن لا تقوم بقتلها كلها أو قتل جراثيمها، وتتضمن عادة استخدام درجات حرارة أقل من 100ْم ، فخلايا الخميرة المختلفة تتلف بالتسخين على درجة حرارة 60 – 66 ْم لعدة دقائق بينما جراثيم الفطر المقاومة للحرارة تحتاج لقتلها إلى20 دقيقة على درجة حرارة 80 ْم.وتؤدي عملية البسترة إلى إتلاف معظم الإنزيمات غير المرغوبة وقتل الميكروبات المرضية وكائنات الفساد الأساسية ليست شديدة المقاومة الحرارية، كما يجب حفظ الأغذية المبسترة بالتبريد في الثلاجات وتستخدم البسترة غالباً في معاملة الأغذية السائلة كاللبن والعصائر والمركزات.

وتعتمد درجات الحرارة والأزمنة المستعملة في عملية البسترة على الطريقة المستخدمة والمنتج المطلوب معاملته ودرجة حموضته (درجة الـpH). فتستخدم الطريقة السريعة High temperature short time (HTST) درجات حرارة عالية نسبياً لفترة قصيرة بينما تستخدم الطريقة البطيئة Low temperature long time درجة حرارة منخفضة لفترة أطول.

و يكون الهدف من البسترة للأغذية الحامضية (pH أقل من4.5) هو التخلص من بكتريا الفساد وتثبيط الأنزيمات بينما يكون الهدف في الأغذية الغير حامضية (pH أعلى من4.5) هو التخلص من البكتريا المرضية مثل البروسيلا وبكتريا السل في اللبن و السالمونيلا في البيض .

ويمكن التحكم في ظروف عملية البسترة من حيث درجة الحرارة والمدة بحيث تؤدي الهدف المطلوب (وهو قتل خلايا الخميرة والبكتريا المرضية وبعض بكتريا الفساد والإنزيمات) دون التأثير على القيمة الغذائية للمنتج. فالبسترة البطيئة للبن (على سبيل المثال) تؤدي إلى فقد كبير في مواد الطعم والمذاق وفقد ملحوظ

في بعض الفيتامينات، بينما يمكن تحاش كل هذه المخاطر باستخدام طريقة البسترة السريعة (HTST) أو ما تسمى بالبسترة الخاطفة Flash pasteurization .

ويمكن اختبار كفاءة إتمام عملية البسترة للأغذية السائلة بطرق سريعة كما يلي:

1- الكشف عن إنزيم الفوسفاتيز القاعدي في اللبن المبستر ، فإذا كانت نتيجة الكشف سالبة دل ذلك على جودة البسترة لأن قيمة المقاومة الحرارية لهذا الإنزيم (D-value) مماثلة لقيمة المقاومة الحرارية للميكروبات المرضية.

2- الكشف عن وجود إنزيم ألفا – أميليز في البيض السائل المبستر، فعدم وجود الإنزيم يدل على كفاءة إتمام عملية البسترة.

2/2/5 أجهزة البسترة:

يمكن تقسيم أجهزة البسترة كما يلي:-

- أجهزة بسترة المنتجات الغذائية المعبأة.
- أجهزة بسترة الأغذية السائلة الغير معبأة.

1/2/2/5 أجهزة بسترة المنتجات الغذائية المعبأة:-

يتم بسترة بعض المنتجات الغذائية بعد التعبأة مثل عصائر الفاكهة المعبأة في علب أو زجاجات والفاكهة الحامضية المعبأة في وسط من الشراب (كمبوت) والمشروبات الغازية وشراب المولت والبيرة وبعض المنتجات الغذائية الأخرى، والتي يجب حفظها بعد البسترة على درجات حرارة منخفضة وتتم البسترة على درجات حرارة أقل من 100ْم وبالتالي تعمل أجهزة البسترة تحت الضغط الجوي العادي. ويستخدم الماء الساخن في بسترة العبوات الزجاجية حتى لا تتعرض للكسر بفعل الصدمة الحرارية عند تعرضه الفجائي لدرجات حرارة مرتفعة ويجب أن لا يزيد الفرق في درجات الحرارة بين وسيط التسخين (الماء) ومادة العبوة (الزجاج) عن 20 ْم أثناء مرحلة التسخين وعن 10 ْم أثناء مرحلة التبريد. ويستخدم مخلوط البخار والهواء (أو الماء الساخن) في بسترة العبوات المعدنية والبلاستيكية. ويجب تبريد العبوات بعد البسترة إلى درجة حرارة 40 ْم لتبخير الرطوبة السطحية من على العبوات حتى لا تتعرض للصدأ وتعمل أجهزة البسترة بالماء الساخن إما بطريقة مستمرة أو بنظام الدفعات.

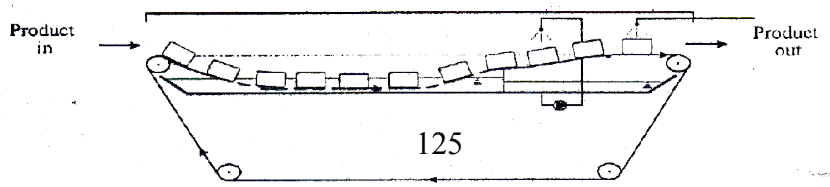
ويوضح الشكل رقم (5-4) بعض أنفاق (أجهزة) البسترة المستخدمة لمعاملة الأغذية. ويتكون الجهاز الأول من حوض طويل به ماء ساخن ويحتوي على سير ناقل عرضه من 3 إلى 4 م وطوله يتراوح من 10 إلى 30م . والسير به ميول تسمح بمرور العبوة مغمورة في الماء الساخن كما يسمح في الجزء الأخير بتبريدها بواسطة رشاشات ماء بارد ويمكن لهذا الجهاز أن ينجز بسترة 1200 عبوة

معدنية أو زجاجية صغيرة في 30 دقيقة فقط. وإذا تمت البسترة في هذا الجهاز باستخدام بخار يتكثف على أسطح العبوات فإن كفاءة المعاملة الحرارية تكون أفضل وتتم في وقت أسرع ويمكن التحكم في درجة حرارة البخار بالتحكم في كمية الهواء المخلوطة معه .

والجهاز الثاني عبارة عن نفق مزود برشاشات ماء ومزود من الداخل بسير ناقل لنقل العبوات. ويتحرك السير ببطء داخل النفق، ويتم في الجزء الأول تسخين العبوة برشاشات ماء ساخن إلى أن تصل إلى درجة حرارة البسترة المحددة وفي الجزء الثاني يتم حفظ المنتج على درجة حرارة البسترة للمدة المحددة (على سبيل المثال 30 دقيقة على درجة حرارة 65 °م) وفي الجزء الثالث يتم التبريد الأولي للعبوات وفي الجزء الرابع يتم التبريد النهائي للعبوات برشاشات بارد على درجات حرارة مختلفة وقد تصل مدة بقاء العبوة داخل النفق إلى 1 ساعة، ويمكن استخدام سيرين متوازيين بدلاً من سير واحد لزيادة الكفاءة الإنتاجية للنفق، وتستخدم المضخات لإعادة استخدام المياه في الرشاشات.

2/2/2/5 أجهزة البسترة المستمرة للسوائل الغذائية:

تستخدم أجهزة عديدة لإجراء البسترة المستمرة للسوائل الغذائية منها جهاز البسترة الأنبوبي المزود بكاشط داخلي Swept surface heat exchangers ويستخدم لبسترة السوائل عالية اللزوجة مثل الصلصة والمايونيز وأغذية الأطفال وجهاز البسترة الأنبوبي المزدوج الجدران . وأكثر هذه الأجهزة استخداما على النطاق الصناعي التجاري هو جهاز البسترة ذو الألواح Plate heat exchangers لكثرة استخدامه في مصانع الألبان والعصائر والمشروبات. ويتكون هذا الجهاز كما هو موضح بالشكل رقم (5–4) من عدة ألواح رقيقة السمك رأسية مصنوعة من صلب لا يصدأ. ويحتوي كل لوح على أربع فتحات جانبية ويحاط اللوح الواحد من جميع الجدران بواسطة إطار مطاطي سمكه أكبر قليلاً من سمك معدن اللوح ذاته، وعند تركيب هذه الألواح على حامل وتضغط بجانب بعضها بإحكام تتكون قنوات ضيقة لمرور السوائل بين هذه الألواح. ويمر السائل الغذائي ووسيط التسخين (الماء الساخن) بين هذه الألواح بالتبادل بحيث يكون أحد أسطح اللوح ملامساً للسائل والسطح الأخر ملامساً لوسيط التسخين، وتستخدم مضخات لدفع كل من السائل ووسيط التسخين للمرور خلال هذه الألواح إما في سريان متوازي (في اتجاه واحد) أو في سريان عكسي (اتجاهان متضادان). وتكون أسطح الألواح عادة معرجة تعرجا



(a)

شكل(5-4) :أنفاق لبسترة الأغذية المعلبة :(a) بالغمر في الماء ، (b) باستخدام رشاشات ماء

شكل (5-5): جهاز البسترة ذو الألواح

بسيطاً للمساعدة على سريان السائل والماء الساخن وتحسين عملية انتقال الحرارة والتسخين (أو التبريد).

وعند تشغيل جهاز البسترة ذو الألواح لبسترة السوائل فإنه يمكن تجميع كل عدد معين من الألواح ليكون مجموعة تقوم بوظيفة محددة أثناء عملية البسترة وتفصل كل مجموعة عن الأخرى بواسطة بلاطة سميكة من الصلب. وبناء عليه يمكن تكوين 3 مجاميع من مجموعات الألواح داخل جهاز البسترة ذو الألواح وهي: –

- مجموعة ألواح الموفر Regenerator ويكون موقعها في وسط الجهاز.
- مجموعة ألواح التسخين والحفظ ويكون موقعها في الطرق الأيمن من الجهاز.
- مجموعة ألواح التبريد ويكون موقعها في الطرف الأيسر من الجهاز.

ويتم دفع السائل (اللبن) الخام البارد من تنك اللبن الخام بواسطة مضخة حيث يدفع إلى مجموعة ألواح الجزء الوسطي من الجهاز (الموفر) حيث يتلامس من خلال جدر ألواح هذه المجموعة مع (اللبن السائل) الساخن المبستر القادم من مجموعة ألواح البسترة والحفظ (الجزء الأيمن) فترتفع درجة حرارة السائل (اللبن الخام) ويبرد (اللبن السائل) المبستر تبريداً جزئياً ، لذلك يسمى هذا القسم "الموفر" لأنه يستفاد من سخونة السائل المبستر في تسخين السائل الخام دون حاجة لطاقة حرارية إضافية . بعد التسخين الأولي للسائل (اللبن) الخام يتم دفعه للمرور على مجموعة ألواح جزء البسترة حيث ترتفع درجة حرارته بواسطة ماء ساخن إلى درجة حرارة البسترة ثم بعد ذلك يدفع إلى مجموعة ألواح أو أنبوبة الحفظ Holding حيث يظل بها لمدة البسترة المحددة، ويمر السائل (اللبن) المبستر على صمام مرور فإذا كانت عملية البسترة تامة يستمر سريان السائل إلى الموفر، أما إذا كانت البسترة غير تامة فيعود السائل إلى التنك الأصلي مرة أخرى. وعند سريان السائل (اللبن) الكامل البسترة في الموفر فإنه يبرد جزئياً (ويسخن السائل الخام القادم من التنك) ثم يستمر السريان إلى القسم الثالث (قسم التبريد) حيث يتواصل تبريد السائل المبستر باستخدام ماء عادي أو ماء بارد ثم يدفع السائل (اللبن) المبستر والمبرد إلى قسم التعبئة . ومن أهم مميزات جهاز البسترة ذو الألواح (البسترة السريعة) هي:

- إمكانية استخدام درجات حرارة مرتفعة في جزء البسترة وبالتالي إلى مدة حفظ منخفضة (لا تزيد عن 15 ثانية) لإتمام البسترة مما لا يحدث معه أي تغير في لون أو طعم المنتجات.

- يتم التسخين والتبريد في جهاز واحد ويكون المنتج بمعزل تام عن الهواء كما أن درجة حرارة المنتج تكون متجانسة ويمكن التحكم فيها في كل قسم من الجهاز بسهولة .
- انخفاض كمية البخار المستخدم (سواء للتسخين المباشر أو التسخين الماء) نظراً لاستخدام جزء الموفر في التبادل الحراري بين السائل الساخن والسائل البارد.
- احتياجات الجهاز للصيانة محدودة وبالتالي يعتبر تشغيله اقتصادياً.

وأهم الاحتياطات التي يجب أخذها في الاعتبار عند التشغيل هو : طرد الهواء من السوائل المحتوية على هواء ذائب (مثل العصائر) بواسطة جهاز خلخلة (تفريغ) الهواء قبل بدء البسترة حتى لا تتعرض للتلف الأكسيدي أثناء التخزين.

ب – تعبئة السائل المبستر مباشرة في عبوات كرتونية أو في زجاجات (معقمة) وقفلها بإحكام لمنع الفساد الميكروبي. ويتم تخزين المنتجات المبسترة على درجة حرارة أقل من 10°م حتى الاستهلاك.

جـ– تنظيف وتطهير كل مكونات وأجزاء جهاز البسترة بعد كل 16 ساعة من التشغيل المستمر.

3/5 التعقيم Sterilization :

الحفظ بالتعقيم هو وحدة العمل التي يتم فيها رفع درجة حرارة المادة الغذائية لدرجة حرارة عالية ولمدة طويلة كافية لقتل الميكروبات ومعظم الجراثيم وتثبيط الأنزيمات. وينتج عن التعقيم منتج غذائي آمن له مدة صلاحية لا تقل عن 6 شهور على درجة حرارة الغرفة العادية. وتؤدي المعاملة الحرارية الشديدة للمنتجات المعبأة (التعليب) إلى حدوث تغيرات ملحوظة في القيمة الغذائية والحسية للمنتج. وقد أدت التطورات الحديثة في تكنولوجيا التصنيع وتكنولوجيا الحفظ بالتعقيم إلى إتباع طرق حديثة تقلل من التلف في القيمة الغذائية والحسية للمنتج إما بخفض المدة اللازمة لتعقيم الأغذية المعبأة أو بتعقيم الأغذية أولاً ثم التعبأة المباشرة للغذاء المعقم (طريقة التعبأة بعد التعقيم Aseptic processing) كماأن هناك تطورات حديثة في مجال تعقيم الأغذية وتشمل : التعقيم بالتسخين الكهربائي (بخاصية المقاومة الكهربية للغذاء Ohmic heating) وفي هذه الطريقة تمرر المادة الغذائية(خصوصاً السائلة والمحتوية على جزيئات صلبة) بين أقطاب كهربائية من الكربون مركبة على أنبوب طولي رأسي وتسخن إلى درجة الحرارة المرغوبة وعادة يستخدم تيار كهربي ذو تردد منخفض (50 – 60 هرتز) وهذا التيار يسمح بالتحكم في درجة الحرارة وتتساوي كل من الأجزاء الصلبة والسائلة في درجة الحرارة

أثناء التسخين ولا تحدث ظاهرة الاحتراق في المادة الغذائية لأن الأقطاب الكربونية لا تكون ساخنة وإنما تتولد الحرارة نتيجة لمرور التيار الكهربي خلال المادة الغذائية.

– التعقيم بالضغط الهيدروستاتيكي العالي High hydrostatic pressure : وفي هذه الطريقة تعبأ المادة الغذائية في عبوة مرنة وتوضع في أسطوانة من الصلب سميكة الجدران بها سائل يتحمل الضغوط العالية ثم يرفع الضغط على السائل بواسطة مكبس هيدروليكي ليصل الضغط الفعال الواقع على الغذاء إلى أكثر من 5000 ضغط جوي ولمدة قصيرة وعلى درجات حرارة أقل من 100°م، وتؤدي هذه المعاملة إلى تثبيط الميكروبات ومعظم الإنزيمات.

وسوف يتناول هذا الجزء طرق التعقيم التقليدية المستخدمة لحفظ المنتجات الغذائية المعبأة أو السائلة غير المعبأة.

1/3/5 المقاومة الحرارية للميكروبات الهامة لعملية التعقيم :-

يتم تقدير المقاومة الحرارية للميكروبات عن طرق تحديد قيمة زمن النقصان العشري (D- value) والمدى الحراري (Z- value) لكل ميكروب كما سبق شرحه.

ومعظم الجراثيم المقاومة للحرارة لها قيمة (Z) = 10 °م ، ومعنى ذلك أن رفع درجة حرارة التعقيم بمقدار 10 درجات حرارة إضافية سوف يؤدي إلى خفض مدة التعقيم المطلوبة إلى العشر. ويعتبر ميكروب *Clostridium botulinum* هو الميكروب المرضي الأكثر خطورة بالنسبة للأغذية غير الحامضية (رقم الـ pH لها أعلى من 4.5 مثل الخضروات واللحوم والأسماك والدجاج) ، وهو ميكروب مكوناً للجراثيم، وإذا لم يتم قتل هذا الميكروب وجراثيمه أثناء المعاملة الحرارية فإنه ينمو في داخل المعلبات (تحت ظروف لا هوائية) مفرزاً سموماً خطيرة داخل الغذاء تعرف باسم سموم البوتولين (botulin) والتي تؤدي إلى الوفاة في حوالي 65% من حالات التسمم بهذا التوكسين .ويتواجد ميكروب *CI. botulinum* في التربة لذلك يمكن أن يتواجد ولو بأعداد قليلة في كثير من الخامات الزراعية. ونظراً للخطورة البالغة لهذا الميكروب فإن القضاء عليه يعتبر شرطاً أساسياً لإتمام عملية التعقيم الغذائي الحراري ونظراً لانخفاض قيمة D_{121} له (0.3 دقيقة) وانخفاض قيمة (Z) له (5.5 °م) فإن التعقيم التجاري للأغذية يبنى على أساس إعطاء المادة الغذائية الغير حامضية معاملة حرارية تزيد عن الحد اللازم لقتل ميكروب البوتولينوم نظراً لاحتواء الغذاء على ميكروبات فساد أخرى مقاومة للحرارة.

وبالنسبة للأغذية الحامضية (رقم الـ pH لها يتراوح من 4.5 إلى 3.7 مثل الطماطم) فإن الأساس الذي تبني عليه درجة حرارة ومدة المعاملة الحرارية لها هو القضاء على الخمائر والفطريات والأنزيمات المقاومة للحرارة. أما بالنسبة للأغذية عالية الحموضة (رقم الـ PH لها أقل من 3.7 مثل الثمار التوتية) فإن الأساس الذي يبني عليه المعاملة الحرارية هو القضاء على
الإنزيمات المقاومة للحرارة وتستخدم في هذه الحالة معاملة حرارية متوسطة (وقد تكفي معاملة البسترة في مثل هذه الحالات). ونظراً لأن أعداد الأحياء الدقيقة الحية المتبقية في الغذاء تنخفض أثناء المعاملة الحرارية بطريقة لوغاريتمية (كما سبق ذكره) فإنه لا يمكن الجزم إطلاقاً بخلو المنتج المعامل حرارياً تماماً من الميكروبات بعد انتهاء المعاملة، ومع ذلك فإنه يمكن فقط معرفة " احتمال " مدى وجود ميكروب واحد حي في المنتج المعامل وذلك بالاستعانة بكل من خواص المقاومة الحرارية للميكروب المستهدف (قيم D ، Z) ودرجة حرارة ومدة المعاملة الحرارية. ويوجد درجتان احتمال معروفة في تكنولوجيا الحفظ بالتعقيم وهما:

- الاحتمال الطبي " الصحي" : والذي يشترط إعطاء المنتج معاملة حرارية قيمة F_0 لها = 12Dومعنى ذلك أن تجري عملية التعقيم لمدة معينة تكفي لاحتمال وجود ميكروب واحد حي في علبة واحدة فقط من كل 1000 مليون (مليار) علبة منتجة إذا كان العدد الابتدائي للميكروب في المنتج قبل المعاملة الحرارية (بعد الغسيل والتنظيف والفرز والسلق) = 1000 ميكروب
- الاحتمال التجاري الصناعي : نظراً لأن تطبيق معيار " الاحتمال الطبي الصحي" قد يؤدي إلى إطالة مدة المعاملة الحرارية للغذاء إلى حد يؤثر على القيمة الغذائية والحسية للمنتج (طعم محروق) فإن عملية التعقيم الحراري تطبق في الصناعة على أساس آخر وهو الاحتمال التجاري الصناعي" والذي يكتفي بقيمة معاملة حرارية (F_0) لها = 5D إلى 8D فقط بدلاً من 12D وخصوصاً إذا كان الغذاء المعامل يحتوي على ميكروبات فساد أخرى أشد مقاومة حرارية من ميكروب البوتولينيوم. فإذا طبقنا احتمال 8D على المثال السابق فإنه يحتمل وجود ميكروب واحد حي في علبة واحدة فقط من كل 100 ألف علبة منتجة وهذا يكفي من الناحية التجارية العملية ، وخصوصاً إذا بنيت العاملة الحرارية على أساس قيم D ، Z لميكروب آخر أشد مقاومة حرارية من ميكروب البوتولينيوم.

من هذا المنطلق يجب الاهتمام بعمليات تجهيز وإعداد المادة الخام للتعليب وهي خطوات الغسيل والفرز والتقطيع والسلق حيث يجب أن تجري بعناية وتحت

شروط صحية ملائمة حتى يمكن خفض العدد الميكروبي الابتدائي للمادة الغذائية عند بدء عملية التعقيم للحصول على درجة التعقيم المطلوبة للمنتج.

كما يجب تخزين المنتج المعلب في المصنع لفترة تحضين مناسبة للكشف عن احتمالية فساد العلب قبل التصريح بتوزيعه للاستهلاك. ويتميز الفساد بفعل ميكروب البوتولينوم *Cl. botulinum* بإنتاج غاز داخل العلب يدفع غطاء المعلب للخارج أو يجعله مسطحاً، لذلك يتم الكشف بعد فترة التحضين للحكم على مدى صلاحية المنتج للتسويق.

2/3/5 العوامل التي تؤثر على المعاملة الحرارية:-

أ – تأثير نوع المواد المستخدمة في التعبئة Influence of packaging :-

يعتبر الصفيح أسرع بـ 30 مرة على الأقل من الزجاج في نقل الحرارة. كما أن الماء (كمكون غذائي ومادة مالئة) رديء التوصيل للحرارة إذا منع منه تيارات الحمل، وعادة تأخذ عبوات الزجاج ضعف الوقت الذي تأخذه عبوات العلب الصفيح لنفس المعاملة الحرارية كما أن الصفيح ينقل الحرارة حوالي 100 مرة أسرع من الماء.

ب – تأثير حجم العبوة Influence of container size :-

يحتاج تسخين العبوات الكبيرة الحجم لمدد أكبر من العبوات الصغيرة الحجم لاحتواء الأولى على كمية أكبر من المواد التي يجب تسخينها ولزيادة المسافة بين جدران العبوة ومركز العبوة ولقلة النسبة بين مساحة جدران العلبة وكمية المادة الغذائية (حجم العلبة) المراد تسخينها.

جـ- تأثير تركيب الوسط السائل Influence of compostion of liquid phase : -

للوسط السائل للمادة المسخنة تأثير كبير على سرعة انتقال الحرارة فالمركبات الذائبة تاما كالسكر والملح لا تؤثر تأثيراً كبيراً على سرعة انتقال الحرارة إلاأنها قد تزيد من لزوجة المحاليل مما يقلل من سرعة تيارات الحمل فالمحاليل السكرية المرتفعة التركيزوالشراب قد تبطأ من سرعة انتقال الحركة بها إلى حوالي25%عن سرعة انتقالها في الماء وذلك لزيادة درجة لزوجتها

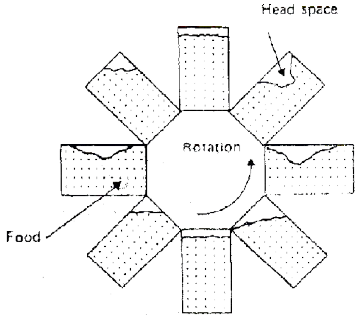
والمحاليل المخففة من الجيلاتين أو النشا تؤثر على سرعة انتقال الحرارة حتى لو وجدت على صورة محاليل مخففة جداً.

د- تأثير حجم وطبيعة المادة المعبأة Influence of size and nature of the pack:-

الفواكه الزائدة النضج تصاب بالهري وتكون بذلك كتلة متماسكة تعوق تيارات الحمل وبذلك يصبح تعقيمها صعب وتحدث نفس الظاهرة في العبوات المعبأة بكمية زائدة عن الحد اللازم من الفواكه السليمة أو المكعبة أو المقطعة إلى شرائح.

هـ- تأثير التحريك أثناء التعقيم Influence of agitation:-

لوحظ في التعقيم أن المعقمات المجهزة بحيث تتحرك فيها العلبة أثناء التعقيم أكثر كفاءة من المعقمات التي لا تتحرك فيها العلب إذ يساعد التحريك على زيادة سرعة انتقال الحرارة لأن التحريك يمزج محتويات العلب كما يساعد على إمرار تيارات الحمل.ويوضح الشكل رقم (5-6) نظام التقليب في المعقمات.



شكل رقم (5-6): نظام تقليب المعلبات أثناء التعقيم

و – تأثير درجة حرارة المعقم Influence of retorter temperature :

كلما ارتفعت درجة حرارة المعقم كلما ارتفعت سرعة انتقال الحرارة وذلك للزيادة الكبيرة في الفرق بين درجة حرارة المعقم ودرجة حرارة العلبة كما أن الوقت اللازم للمعاملة الحرارية يقل كلما ارتفعت درجة حرارة المعقم.

ز – تأثير علبة التبريد على التعقيم: Influence of cooling :-

تؤثر سرعة تبريد العبوة بعد التعقيم على مدى نجاح عملية التعقيم لذلك يلاحظ إن كان التبريد سريعاً وجب إطالة فترة التسخين وذلك لأن التبريد البطيء يسمح للمادة الغذائية بالبقاء على درجة الحرارة المستخدمة فترة أطول من الوقت وجدير بالذكرأن عملية التبريد تخضع نظريا للعوامل التي تخضع لها عملية التسخين وذلك لأن انتقال الحرارة يتم بنفس الطريقتين السابقتين ولكن في اتجاه عكسي وعملياً يلاحظ أن سرعة فقدان الحرارة تكون منخفضة عن سرعة اكتسابها وذلك لأن لزوجة المحاليل تزيد كلما انخفضت درجة الحرارة وبالتالي تقلل من سرعة انتقال الحرارة كما أن انفصال النشا أثناء التسخين يقلل من انتقال الحرارة .

ح – تأثير وسط التسخين Influence of heating medium : -

يفضل البعض البخار بينما يفضل البعض الآخر الماء الساخن كوسيط للتسخين وعلى العموم فإن العبوة عند وضعها في البخار سرعان ما تغطى بغشاء رقيق من الماء الساخن الذي يقوم بنقل الحرارة من البخار إلى العلب بنفس الكفاءة التي يؤدي بها الماء الساخن هذه الوظيفة .

ويجب أن نذكر أن وجود الهواء في وسط البخار يقلل إلى حد كبير من القيمة الحرارية للبخار لذلك يجب عند تسخين المعقم طرد أكبر قدر ممكن من الهواء قبل الوصول إلى درجة الحرارة المطلوبة.

ط- تأثير درجة تركيز أيونات الأيدروجين :

الأطعمة الحمضية أسهل تعقيماً من الأطعمة الغير حامضية ويلاحظ أن الحموضة الظاهرة ليست مقياساً صحيحاً لدرجة الحموضة إن القياس الحقيقي للحموضة هو درجة تركيز أيونات الأيدروجين. وقد أخذ رقم pH 4.5 كحد فاصل بين الأطعمة الحمضية والغير حمضية.

ي – العدد الابتدائي للميكروبات Initial microbial load :-

كلما زاد عدد الخلايا الخضرية أو الجراثيم الموجودة زادت المعاملة الحرارية المطلوبة لقتلها جميعاً نظراً لأن معدل القتل الميكروبي (كما سبق ذكره) هو معدل لوغاريتمي.

3/3/5 الطرق والأجهزة المستخدمة لتعقيم الأغذية:

يمكن تقسيم الطرق والأجهزة المستخدمة لتعقيم الأغذية إلى قسمين هما:

- التعقيم للأغذية المعبأة (في علب صفيح أو في برطمانات زجاجية)
- التعقيم المستمر للأغذية السائلة الغير معبأة.

وبرغم أن الطريقة الأولى ما زالت مستخدمة على نطاق كبير في الصناعة إلا أن الطريقة الثانية لاقت توسعاً كبيراً في السنوات الأخيرة لإنتاج أغذية سابقة التعقيم ثم تعبئتها معقمة في عبوات بلاستيكية معقمة وأصبحت سائدة الأن في مصانع الألبان والعصائر لإنتاج عبوات من اللبن المعقم UHT والعصير المعقم.

وتخضع عمليات التعقيم لما يسمى بشروط التصنيع الجيدة Good manufacturing practices (GMP) نظراً لاحتياجات الأمان الصحي لهذه المنتجات.

1/3/3/5 التعقيم للأغذية المعبأة Canning process :-

يعرف التعليب بأنه حفظ الأغذية في أواني ملحومة محكمة الغلق ويتطلب عادة معاملة حرارية كعامل أساسي في منع الفساد. ويتم معظم التعليب في علب من الصفيح تصنع من الصلب المطلي بالقصدير أو في أواني زجاجية، ولكن نظراً

للاستعمال المتزايد تصنع الأواني جزئياً أو كلياً من الألومنيوم أو من بلاستيك على هيئة أكياس أو صواني بلاستيكية صلبة أو من مواد مركبة.

وتصنع معظم الأواني الحديثة من صفائح من الصلب المطلي بالقصدير ويتجه المنتجون حالياً نحو زيادة رقة واستواء طبقة القصدير ويطلى القصدير ومواد الأنامل (الورنيش) على قطع الصلب المسطحة قبل تصنيع الأواني لمنع أو إبطاء تغير اللون أو لمنع حدوث تأكل، كما تستخدم الأواني الزجاجية وأواني الألومنيوم لتعليب العديد من الأغذية وهناك أكياس أو صواني من البلاستيك مكسوة بطبقة معدنية رقيقة تستعمل كذلك للأغذية التي يمكن تعبئتها ساخنة.

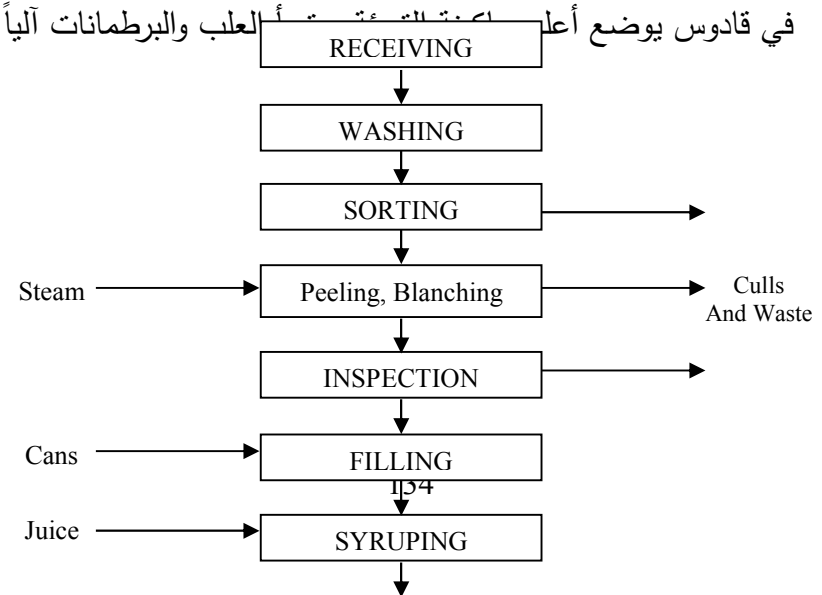
1/1/3/3/5 خطوات إعداد وتجهيز الأغذية للحفظ بالتعليب:-

سوف يكون عرض الطرق العامة لإعداد وتجهيز الأغذية للحفظ بالتعليب بإيجاز ويوضح الشكل رقم (5-7) المسار العام لخطوات التعليب من لحظة استلام المواد الخام إلى انتهاء المعاملة الحرارية للمعلب والتخزين.

ولكي يصلح الغذاء الخام لغرض التعليب فإنه لابد أن يكون طازجاً ومحضراً بصورة صحيحة وقد سبق فحصه وتصنيفه. وتجري خطوات استلام المادة الخام والغسيل والفرز والتدريج والتقشير والسلق والتقطيع بالطرق والأجهزة السابق شرحها. وتؤدي هذه الخطوات إلى نظافة الغذاء وتثبيت لونه وتطرية الأنسجة للمساعدة في عملية التعبئة وفي تفريغ العبوة من الهواء وقتل بعض الكائنات الدقيقة.

2/1/3/3/5 التعبئة Filling :

يتم استلام العلب الصفيح (والعبوات الزجاجية) الفارغة في بالتات بالمصنع ويتم تداولها داخل المصنع بعد ذلك بطرق آلية. وتغسل العبوات قبل تعبئتها في آلات غسيل خاصة بالعبوات حيث يكون وضع العبوة معكوساً أثناء الغسيل لتنظيف الحيز الداخلي للعبوة وتسهيل تصريف ماء الغسيل . وتعامل الأغطية (الغطاء الصفيح للعلب أو للبرطمانات) بنفس الطريقة ثم ترص الأغطية في قادوس يوضع أعلى [illegible] العلب والبرطمانات آلياً



شكل (5-7):
رسم تخطيطي لمسار
خطوات حفظ ثمار الطماطم
بالتعليب

بالمنتج الغذائي المطلوب تعليبه بواسطة سلندرات تعبأة تدفع كمية معينة من الغذاء في العلب أثناء مرورها وهي محمولة على سير ناقل أسفل سلندرات آلة التعبئة ثم يعرض سطحها بعد التعبئة لتيار أفقي من الهواء لإزاحة كمية المادة الزائدة عن
حجم العبوة ثم تمر على آلة تعبئة ثانية لدفع كمية من محلول ملحي أو محلول سكري داخل العلبة ، فيضاف محلول ملحي " brine " مكون من محلول ملحي أو ملح مع سكر وحامض ستريك للخضروات ويضاف المحلول السكري إلى الفواكه ثم يوضع الغطاء سائباً (حرا) فوق سطح العلبة بعد انتهاء عملية التعبئة.

3/1/3/3/5 التسخين الابتدائي والتفريغ Exhausting :-

يستخدم اصطلاح التسخين الابتدائي عادة للدلالة على عمليات تسخين العبوة

ومحتوياتها والغطاء موضوع فوقها (غير مغلق) قبل عملية القفل المزدوج للعلبة والغطاء وذلك لإزالة الهواء وغيره من الغازات الذائبة داخل المادة الغذائية أو المحلول المعبأة به خاصة غاز الأكسجين إلى أكبر حد ممكن وبذلك يتم إحداث تفريغ داخل العبوة بعد القفل وينخفض مدى تعرض معدن العلبة للصدأ ومنع ظهور الطعم المؤكسد في المادة الغذائية. وتتوقف كمية الهواء والغازات الموجودة بالعبوة على حجم ونوع قطع المواد الغذائية ولزوجة محلول التعبئة. ويراعى أن العبوة لا تملأ تماماً بالمادة الغذائية المعبأة ولا بالمحلول المائي لها بل يترك جزء فارغ في

قمة العلبة يعرف بالفراغ القمي "Head space" الذي يحتوي على كمية أخرى من الغازات، لذلك فإن التخلص من معظم أو كل

الغازات الذائبة أو المحجوزة داخل العلبة ومحتوياتها هام جداً لما يلي:

- منع حدوث التآكل في معدن العلبة والتغيرات الأوكسيدية في محتويات العبوة سواء أثناء التعقيم أو التخزين.
- منع تولد ضغوط كبيرة داخل العبوة المغلقة أثناء التعقيم حتى لا تتعرض للانفجار أو فك اللحام والقفل.
- إيجاد تفريغ داخل العلبة وينصح بأن يكون مقدار التفريغ في العلبة بعد المعاملة والتبريد في حدود 250 ملليمتر زئبق حتى يكون طرفي العلبة (القاع والغطاء) منبعجين إلى الداخل. .

وتجري عملية التسخين الابتدائي على درجة حرارة من 80ْم إلى 96 ْم بواسطة ماء ساخن أو بخار لمدد تتراوح بين 5 إلى 10 دقائق في أجهزة التسخين الابتدائي (Exhaust box) حيث تؤدي المعاملة للوصول إلى التفريغ المطلوب.

ويمكن الحصول على التفريغ المطلوب بطرق أخرى غير حرارية بإجراء عملية القفل المزدوج للعلبة والغطاء في آلات خاصة تحت تفريغ (مخلخلة الهواء) أو بإمرار تيار شديد من بخار ساخن محمص فوق العلب أثناء لحظة القفل أو بالتعبئة الساخنة Hot filling للمحاليل والسوائل الغذائية داخل العلب، إلا أن هذه الطرق لا تؤدي إلى نفس النتائج تماماً كما هو الحال عند استخدام الحرارة.

4/1/3/3/5 القفل المزدوج : Closing (double seaming) :-

بعد إجراء عملية التسخين الابتدائي يتم قفل وإحكام الغطاء مع جسم العلبة وهي ساخنة في آلات خاصة تعرف بآلات القفل المزدوج.

ويجب اختبار إحكام الغلق من حين لآخر أثناء التشغيل وبعد الغلق تصبح العلبة ومكوناتها معزولة تماماً عن الوسط المحيط وبذلك يتم المحافظة على مقدار التفريغ المطلوب داخل العلبة.

5/1/3/3/5 التعقيم وأجهزة التعقيم Sterilization :

بعد انتهاء عملية القفل المزدوج للعبوات يتم تجميعها لإجراء عملية التعقيم (المعاملة الحرارية) للقضاء على المحتوى الميكروبي والنشاط الإنزيمي لمحتويات العبوة. وقد يؤدي التعقيم بالتسخين في بعض الحالات إلى تحسين خواص المادة الغذائية من حيث القوام والطعم والمظهر الخارجي ، كما أن الزيادة في المعاملة الحرارية قد تؤدي إلى خفض درجة جودة المواد الغذائية. وتختلف درجة الحرارة والوقت اللازم لإتمام عملية التعقيم باختلاف طبيعة المادة الغذائية

(حامضية أم غير حامضية) ومقدار الحمل الابتدائي الميكروبي. وعموما تعقم الأغذية الحامضية على درجة حرارة 100 ºم أو أقل بينما تحتاج الأغذية الغير حامضية (اللحوم ، الأسماك ، الدواجن ، الخضروات) إلى معاملة شديدة بالحرارة على درجة حرارة أعلى من 100 ºم وعادة يتم تثبيت درجة الحرارة داخل جهاز التعقيم المستخدم على درجات حرارة تتراوح من 115 إلى 122 ºم طول مدة التعقيم بينما يحدث ارتفاع تدريجي لدرجة الحرارة داخل مركز العبوة إلى أن تصل درجة حرارة المركز بعد مدة معينة إلى درجة حرارة قريبة من درجة حرارة المعقم وتحقق درجة التعقيم المطلوبة للمنتج.

ويجب أن يجهز على كل معقم مهما كان نوعه بالأجهزة الآتية:-

- منظم للتحكم الآلي في درجة الحرارة داخل حيز المعقم.
- ترمومتر لقياس وتسجيل درجات الحرارة.
- مقياس للضغط داخل حيز المعقم.
- فتحة لتفريغ المعقم من الهواء أثناء تسخينه.
- فتحة في قمة المعقم (محبس قطره 3 مم) لخروج البخار منها طول فترة التعقيم.
- أنبوبة (صمام) للتخلص من البخار الزائد داخل المعقم إذا زاد ضغطه عن الضغط المطلوب.
- أنبوبة مثقبة بقاع المعقم لدفع البخار داخل المعقم .
- فتحة للتصفية بقاع المعقم .

ويمكن تقسيم أجهزة التعقيم المستخدمة في المعاملة الحرارية للأغذية المعلبة إلى ما يلي:-

- أجهزة تعقيم تعمل بنظام الدفعات (الوجبات).
- أجهزة تعقيم تعمل بطريقة مستمرة .

1/5/1/3/3/5 أجهزة التعقيم على دفعات (Batch sterilizers (Retorts:

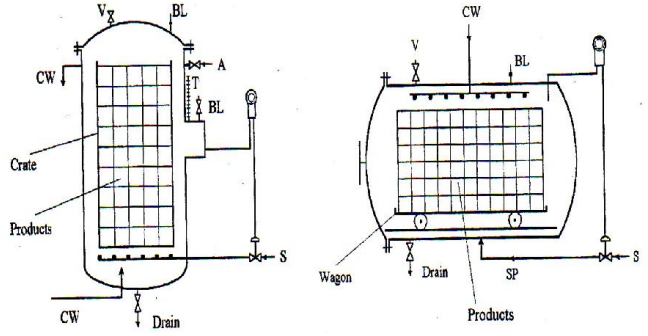
تستخدم أجهزة التعقيم على دفعات في مصانع التعليب الصغيرة والمتوسطة وتشمل 4 أنواع هي: المعقم الساكن (Still retorts) والمعقم الدوار ذو الدفعات (The rotary batch retorts) ومعقم العبوات السائبة (The crate less retorts) ومعقم العبوات الزجاجية والمرنة.

أ – المعقم الساكن Still retorts : يتكون المعقم الساكن – الأوتوكلاف التقليدي- (كما هو موضح بالشكل رقم 5-8) من اسطوانة رأسية من الصلب المقاوم للضغوط قطرها حوالي 1.5م وارتفاعها 2.5م أو من اسطوانة أفقية قطرها 2.5م

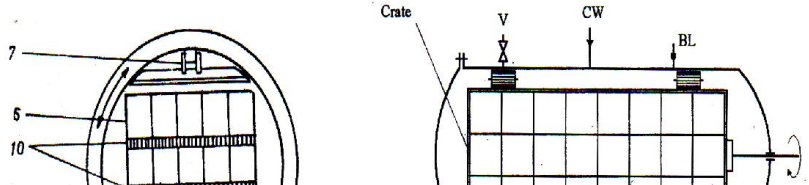
وطولها 10م ومجهزان بالأبواب اللازمة، وأنابيب التسخين والتبريد والصمامات وأجهزة القياس والتسجيل والتحكم الضرورية. ولاستخدام المعقم الرأسي توضع العلب في أقفاص شبكية من الصلب تنقلها أحد الأوناش المتحركة حيث تقوم بوضع القفص المعبأ بالعلب داخل المعقم ويسع المعقم 3 أقفاص، أما في حالة المعقم الأفقي فإن الأقفاص المحملة بالعلب توضع على عربات صغيرة تدفع داخل الجهاز. ويستخدم البخار في التسخين حيث يتم دفعه بواسطة أنابيب بخار مثقبة في الجزء السفلي من المعقم ، ويتم طرد الهواء أولا من الجهاز إلى أن تصل درجة الحرارة والضغط داخل الجهاز إلى الحدود المطلوبة لتعقيم المنتج. كما يمكن استخدام الماء الساخن للتعقيم في هذه الأجهزة. ويتم تبريد العلب بعد انتهاء فترة التسخين وقفل محبس البخار بواسطة ماء بارد يدفع داخل الجهاز إلى أن تصل درجة حرارة العبوة إلى 40 ْم . ويتم دفع هواء داخل المعقم في الفترة الأخيرة من التسخين وخلال الفترة الأولى من التبريد لرفع الضغط داخل الجهاز للتغلب على الضغط الداخلي للعبوات الساخنة وخصوصاً عند تعقيم العلب الكبيرة الحجم والبرطمانات الزجاجية والعبوات المرنة. وتتميز المعقمات الساكنة بالبساطة في التركيب والتشغيل ولكن يعيبها بطء معدل التسخين للعبوات نظراً لانخفاض معدل انتقال الحرارة بين البخار (أو الماء الساخن) والعبوات.

ب- المعقم الأفقي الدوار ذو الدفعات: Batch Rotary sterilizer :-

يشبه هذا المعقم في تركيبه المعقم الأفقي الساكن السابق ذكره ولكنه يتميز كما هو موضح بالشكل رقم (5-9) باحتواء الاسطوانة الأفقية لجسم المعقم على اسطوانة طولية أخرى داخلية مثقبة تدور على عجل " رولمان بلي" بواسطة موتور إدارة مركب في ظهر الجزء الخلفي من اسطوانة المعقم. وتوضع أقفاص



شكل (5-8): المعقم الساكن: a رأسي ، b أفقي S: Steam, SP: Steam Spreader, T: Thermometer, V: vent, BL: bleeder, CW: cold water, A: air



شكل (5-9): معقم أفقي دوار S: Steam, CW: cold water, V: vent, BL: bleeder

شكل (5–10): رسم تخطيطي لمبدأ تشغيل معقم العبوات السائبة

الن
الداخلية المعبأة. وعند تسعين المعقم تدور الاسطوانة الداخلية بسرعة تتراوح بين 5 إلى 45 لفة/ دقيقة وتعمل على تقليب عبوات المادة الغذائية مما يساعد على سرعة انتقال الحرارة داخل العبوة ، وقد تكون العلب مرصوصة رأسياً (واقفة) فتدور العلب من القمة إلى القاع كما هو موضح بالشكل (5–6). وتستخدم هذه الأجهزة في تعقيم عبوات المواد الغذائية السائلية مثل اللبن والشوربة حتى لا تتعرض للإحتراق (الشياط) أثناء التعقيم ما لم تحرك حركة ذاتية أثناء تسخينها تحت ضغط مرتفع كما تستخدم أيضاً في تعقيم بعض أنواع الخضروات. وتسخن بالبخار أو بواسطة الماء الساخن الذي يعاد ضخه وتسخينه باستمرار بواسطة مضخة ملحقة بالجهاز.

جـ- معقم العبوات السائبة Crate less Retorts :-

يعمل هذا المعقم كما هو موضح بالشكل رقم (5-10) بدون الاستعانة بأقفاص للعبوات حيث تنقل العبوات بواسطة سير إلى رأس المعقم الذي يكون ممتلئاً بالماء الساخن (70 ºم) حيث تتساقط العبوات ذاتياً داخل المعقم وتغمر في الماء، وبعد امتلاء المعقم بالعبوات يدفع البخار (من أعلى) فيحل محل الماء الذي يتم تصريفه من أسفل المعقم ثم يغلق المعقم ويستمر التعقيم بالبخار للفترة المحددة، وبعد انتهاء مدة التسخين يدفع ماء بارد من قمة المعقم لتبريد العبوات وبعد التبريد الابتدائي يفتح المعقم من أسفل فتتساقط العبوات في حوض ماء بارد (قناة مائية) للتبريد النهائي ويتم نقل العبوات من القناة المائية بعد التبريد بواسطة سير ناقل مائل (غاطس) إلى مراحل التصنيع الأخرى.

د – معقمات العبوات الزجاجية والمرنة: Retorts for glass and flexible containers:-

يمكن تعقيم العبوات الزجاجية والمرنة باستخدام المعقمات السابق ذكرها ولكن بشرط أن يتم التعقيم بالماء الساخن بدلاً من البخار وأن يعلو سطح الماء عن العبوات بمقدار 15سم على الأقل وأن يزود المعقم بأنابيب وصمامات لدفع هواء فوق سطح الماء داخل المعقم لرفع الضغط داخل المعقم حتى يعادل الضغط الداخلي للعبوات الزجاجية والمرنة الساخنة للمحافظة على سلامة تثبيت الغطاء (في الأوعية الزجاجية) وعدم تعرضها للكسر ولتثبيت منطقة اللحام (في العبوات المرنة) من التفكك.

2/5/1/3/3/5 أجهزة التعقيم المستمرة للعبوات :

Continuous In-Container sterilizers:

تستخدم أجهزة التعقيم المستمرة للعبوات على نطاق واسع في مصانع التعليب المتوسطة والكبيرة لمميزاتها العديدة من حيث ارتفاع سعتها الإنتاجية وانخفاض تكاليف لتشغيل وإمكانية التحكم في ظروف المعاملة الحرارية بطريقة أفضل وتميز جودة المنتجات المعاملة بهذه الأجهزة. ويوجد منها نوعان يستخدمان على نطاق تجاري واسع وهما جهاز التعقيم والتبريد الدوراني المستمر، وجهاز التعقيم الهيدروستاتيكي المستمر.

أ – جهاز التعقيم والتبريد الدوراني المستمر: Rotary Cooker Coolers:-

يتكون جهاز التعقيم والتبريد الدوراني المستمر(كما هو موضح بالشكل قم 5-11)

من اسطوانتين يتحملان الضغوط العالية ويدور بداخلهما شريط ناقل حلزوني به ثقوب يسع كل ثقب عبوة واحدة حيث يتم تغذية الأسطوانة الأولى (أسطوانة التعقم أو الطهي Cooking) آليا من طرف الدخول إلى طرف الخروج خلال مدة معينة تتوقف على سرعة دوران الشريط الحلزوني ويتم تسخين الأسطوانة الأولى بالبخار من قاع الاسطوانة ونتيجة للحركة الدورانية الدائمة يتم تقليب العبوة باستمرار أثناء المعاملة الحرارية فيتحسن معدل انتقال الحرارة ويقل الوقت اللازم لإتمام التعقيم. وتخرج العبوات من نهاية الاسطوانة الأولى وتنقل بواسطة وسيلة أخرى إلى الاسطوانة الثانية والتي تشبه الأولى في التركيب الداخلي ولكنها ممتلئة حتى ثلثيها بالماء البارد والذي يتم تجديده باستمرار بدفع ماء من الخارج بواسطة مضخة في اتجاه معاكس لاتجاه مرور العبوات حيث يتم تبريد العبوة المعقمة إلى درجة الحرارة النهائية وهي حوالي 40 °م. ويبلغ طول الاسطوانة الواحدة حوالي 10م وقطرها 1.5 م وتستهلك حوالي 150 كجم بخار لكل 1000 عبوة.

ب – المعقم الهيدروستاتيكي Hydrostatic sterilizer :-

يعتبر المعقم الهيدروستاتيكي أحد التطورات في أجهزة التعقيم المستمرة وهو جهاز رأسي (كما هو موضح بالشكل رقم 5-12) يصل ارتفاعه إلى حوالي 12 – 15م . ويعمل هذا الجهاز بنظرية الضغط الهيدروستاتيكي لأعمدة الماء (بدلاً من توليد الضغط داخل الأجهزة الأخرى المغلقة بالبخار ذو الضغط العالي) حيث أن الضغط الإجمالي في قاع عامود ماء ارتفاعه 11.2م يصل إلى 2 ضغط جوي (2 بار) وبالتالي يمكن رفع درجة حرارة الماء إلى أعلى من 100م دون الخوف من حدوث غليان. ويتكون المعقم من الداخل من 4 أقسام هي:

(1) قسم (عامود) التسخين الابتدائي للعبوات ويعرف باسم "Come – up " feed Leg .
(2) قسم (عامود) التعقيم .
(3) عامود التبريد الأولي للعبوات المعقمة .
(4) قسم التبريد النهائي.

ويدور داخل الجهاز جنزير ناقل لا نهائي سرعته من 0.5 – 2 م / دقيقة وبه نتوءات لتثبيت العبوات ويمر صعوداً وهبوطاً بجميع هذه الأقسام ويتم تغذيته باستمرار بواسطة العبوات حيث تبدأ في الهبوط في العامود الأول الممتليء بالماء الساخن فتبدأ درجة حرارة العبوة في الارتفاع ومقابل ذلك يتواصل هبوطها في العامود فيرتفع الضغط الواقع على سطح العبوة مع استمرار ارتفاع درجة الحرارة داخلها وهذا يحافظ على عدم انبعاج العبوة أو حدوث تلف للأغطية وعندما تصل

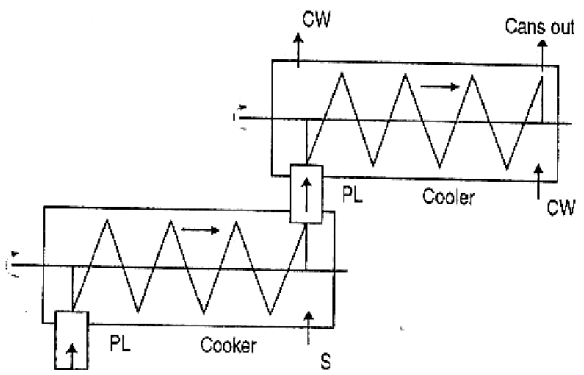
العبوة إلى قاع العامود الأول تكون درجة حرارتها قد وصلت إلى درجة حرارة التعقيم المطلوبة ويتحرك الجنزير صعوداً وهبوطاً في القسم الثاني المسخن بواسطة بخار على درجة حرارة ثابتة هي درجة حرارة التعقيم المطلوبة (من 116 – 130 ْم) ويغادر الجنزير العامود الثاني قرب انتهاء المدة اللازمة للتعقيم حيث يصعد في العامود الثالث المنقسم إلى جزئين أحدهما ممتليء بالماء الساخن لاستكمال عملية التعقيم أثناء صعود الجنزير فيه والجزء الآخر عبارة عن هواء جوي يعمل على تبخير الماء من سطح العبوة أثناء هبوط الجنزير فيحدث تبريد جزئي للعبوة ومحتوياتها ، ثم يمر الجنزير في قاع الجهاز أفقياً في حوض به ماء بارد لاستكمال التبريد ثم تخرج العبوات بعدها من على الجنزير ويتم تغذيته بعبوات جديدة لتدخل دورة التعقيم والتبريد. ويمكن استخدام هذا الجهاز لتعقيم العبوات المعدنية والزجاجية ورغم أنه يحتاج إلى استثمارات إنشائية عالية إلا أن احتياجاته للبخار منخفضة وجودة المنتج المعامل في هذا الجهاز تكون عالية. ونظراً لإرتفاع المعقم فإنه يوضع عادة خارج صالات التصنيع.

2/3/3/5 التعقيم المستمر للأغذية السائلة غير المعبأة :

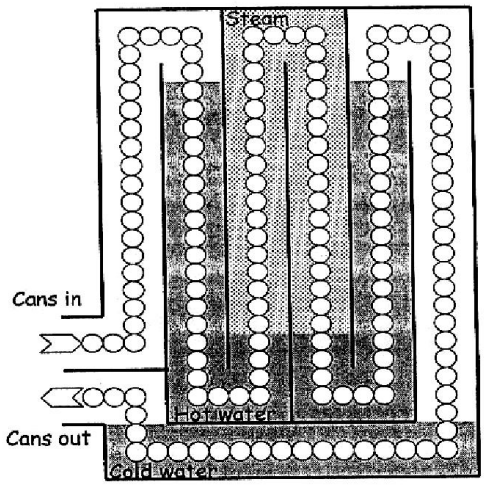
Continuous flow (UHT) sterilizer

-أسس التعقيم المستمر للسوائل:

تعرف عملية التعقيم المستمر للسوائل باسم" التعقيم باستخدام درجات الحرارة



شكل (5-11):
رســـم توضـــيحي لمعقم دوار من نوع Cooker/cooler



شكل (5-12):
المعقم الهيدروستاتيكي

عالية الإرتفاع"Ultrahigh Temperature Sterilization UHT " و يعقبها مباشرة تعبئة السائل المعقم فى عبوات بلاستيكية معقمة.و تسمى تعبأة سائل معقم فى عبوة معقمة باسم" التعبئة المعقمة Aseptic packaging". و تستخدم هذه الطريقة لتعقيم السوائل الغذائية مثل اللبن و عصائر الفاكهة و بعض السوائل عالية اللزوجة (مثل صلصة الطماطم).و يمكن تخزين المنتج النهائى على درجة حرارة الغرفة لعدة شهور و قد تصل المدة إلى عامين.و حيث أن ميكانيكية قتل الميكروبات تعد أسرع من ميكانيكية هدم المكونات الغذائية الحساسة فإن المعاملة الحرارية بالتعقيم المستمر تؤدى للحصول على منتج آمن ميكروبيا و فى نفس الوقت ذو جودة غذائية عالية.

و تصمم أجهزة التعقيم المستمر UHT على إعطاء الهلاكية الحرارية اللازمة لقتل الميكروبات فى السائل الغذائى خلال مروره و تواجده فى قسم "أنبوبة الحفظ Holding tube" دون الأخذ فى الإعتبار مقدارالهلاكية الحادث فى الأقسام الأخرى للجهاز و هما قسم ال"Come up" و جزء من قسم التبريد.و تجرى عملية التعقيم بنظام UHT على درجات حرارة تتراوح من 93 ْم لمدة30 ثانية للأغذية الحامضية إلى149 ْم لمدة 2 ثانية للأغذية الغير حامضية.

- نظم التعقيم الحرارى المستمر

يمكن تقسيم نظم التعقيم الحرارى المستمرة للسوائل إلى نظامين حسب طريقة التسخين بالبخار هما:

1_نظام التسخين بالحقن المباشر للبخار داخل السائل

2_نظام التسخين غير المباشر بالبخار

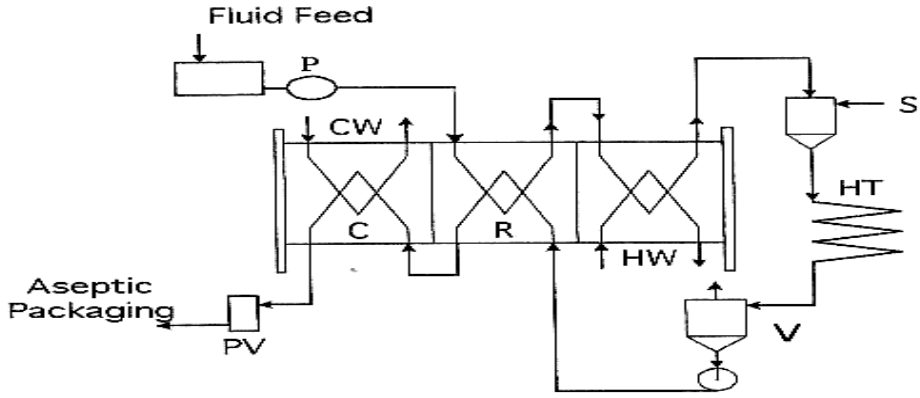
أولا:- نظام التسخين بالحقن المباشر للبخار داخل السائل:-

فى هذا النظام يتم حقن البخار الساخن مباشرة داخل السائل لترتفع درجة الحرارة إلى درجة حرارة التعقيم المطلوبة، ويتكون هذا النظام كما هو موضح بالشكل رقم(5-13)من قسمين بدءا من منطقة أنبوبة الحفظ

Holding tube هما:

– منطقة المنتج المعقم (المنطقة المعقمة Sterile section) و يطلق عليها إسم Downstream

– منطقة المنتج الغير معقم (المنطقة غير المعقمةNon-sterile section) و يطلق عليها إسم Upstream. و يجب قبل بدء عمل الجهاز معاملة جميع أجزاء قسم المنتج الغير معقم بالبخار على درجة حرارة130 م لمدة 30 دقيقة لضمان خلوها من التلوث الميكروبى.و يعمل جهاز التعقيم بنظام UHT تحت



شكل (5–13): نظام التعقيم بحقن البخار داخل السائل

ضغط مرتفع أعلى من الضغط الجوى لضمان عدم غليان المنتج السائل أثناء المعامـــة، لـــذلك يـــزود الجهـــاز بمـــنظم لتنظـــيم قيمـــة الضـــغط والـــتحكم فيـــه. ويـتم سـحب المنـتج الخـام السـائل(اللبن) مـن خـزان (تنـك) بواسـطة مضـخة (P) ودفعه إلـى القسم الأوسط من الجهاز (الموفر"R"-Regenerator) حيث يسخن إبتدائيا بتبادل الحرارة مع المنتج المعقم ثم ينقل إلى الجزء الأيمن من الجهاز حيث يستمر تسخينه فى

هـذا القسـم بواسـطة مـاء سـاخن (HW) ثـم ينتقـل إلـى وحـدة الخلـط مـع البخـار الساخن (S) حيث ترتفع درجة حرارته إلى درجة حرارة التعقيم المطلوبة خلال ثانية واحدة فقط، ثم يمر السائل بعد ذلك خلال أنبوبة الحفظ (HT) ليظل هناك على درجة حرارة التعقيم للمدة المطلوبة للوصول إلى درجة التعقيم (F_0) المطلوبة، بعد ذلك يمرر السائل المعقم على وعاء تفريغ (V) حيث تنخفض درجة حرارته و يتم طرد جزء كبير من بخار التسخين المتكثف داخل السائل (يمثل حوالى 10 % من الحجم الكلى للسائل)، ثم يدفع بعد ذلك إلى وحدة الموفر (R) ليتبادل الحرارة مع السائل الخام البارد حيث يبرد السائل المعقم ثم ينقل إلى قسم التبريد النهائى (القسم

الأيسر) حيث يستمر التبريد بواسطة ماء بارد (CW) ثم يمر السائل المعقم البارد على وحدة التحكم فى الضغط (PV) و يدفع بعد ذلك إلى قسم التعبئة المعقمة Aseptic packaging بعد التأكد من سلامة المنتج و تمام تعقيمه.

ثانيا:- نظام التسخين الغير مباشر Indirect Heating

يستخدم لتعقيم السوائل الغذائية بطريقة التسخين الغير مباشرعدة أنواع من الأجهزة أهمها:-

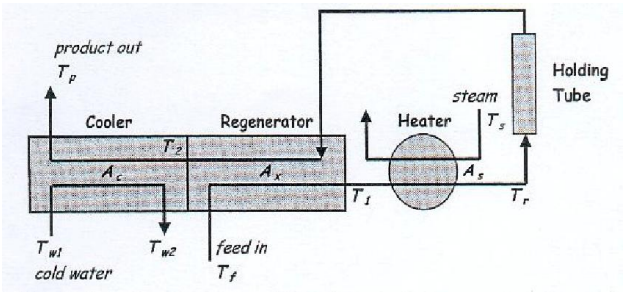
1- نظام التعقيم باستخدام جهاز المبادل الحرارى ذو الألواح و هو يشبه الجهاز المستخدم فى البسترة (السابق شرحه) ما عدا أن وسيط التسخين هنا هو البخار بدلا من الماء الساخن.

2- نظام التعقيم باستخدام جهاز المبادل الحرارى الأنبوبى و يكون قطر الأنابيب صغير و سرعة السائل الغذائى بداخله عالية جدا للحصول على معدلات إنتقال حرارة عالية بحيث ترتفع درجة حرارة السائل إلى150 ْم فى مدة لا تزيد
عن 30 ثانية، و تستخدم أنابيب ذات قطر كبير نسبيا فى حالة تعقيم المركزات الغذائية مثل صلصة الطماطم و الشوربات الغذائية.

3- نظام التعقيم باستخدام المبادلات الحرارية المزودة بكواشط داخلية لتنظيف السطح الداخلى للأنابيب و منع ترسب المواد الصلبة العالقة بالسائل عليه و تستخدم لتعقيم السوائل عالية اللزوجة.

4- نظام التعقيم باستخدام طريقة التسخين الكهربائى Ohmic heating و هى تعتمد على إمرار السائل المطلوب تعقيمه خلال أنبوب رأسى يركب على جوانبه أقطاب كهربئية على مسافات متساوية على طول الأنبوب و عند توصيل التيار الكهربى لهذه الأقطاب يعمل السائل المار بينها كمقاومة للتوصيل الكهربى و بالتالى يسخن إلى درجات حرارة مرتفعة فى مدة قصيرة و ميزة هذا النظام هى أن السائل و المواد الصلبة العالقة به يسخنان بمعدلات متساوية و بالتالى لا يوجد تفاوت فى درجات الحرارة داخل الأنبوب بين السائل و المواد الصلبة العالقة مما يختصر من مدة التعقيم اللازمة.

و يوضح الشكل رقم (5-14) رسما تخطيطيا لنظام التعقيم باستخدام المبادلات الحرارية الأنبوبية حيث يدخل السائل البارد إلى قسم الموفر (القسم الوسطى) حيث يسخن



إبتدائيا ثم ينتقل إلى جهاز المبادل الحرارى (القسم الأيمن الدائرى) حيث يستمر تسخينه بواسطة البخار ***شكل (5-14): نظام التعقيم بالتسخين غير المباشر للسوائل***
بطريقة التبادل الحرارى غير المباشر إلى أن يصل إلى درجة حرارة التعقيم المطلوبة حيث يدفع بعد ذلك إلى أنبوبة الحفظ و منها مرة أخرى إلى الموفر حيث يبرد جزئيا ثم يستكمل التبريد فى القسم الأيسر من جهاز المبادل الحرارى بواسطة ماء بارد إلى أن يخرج على درجة حرارة التعبأة المطلوبة.

4/5 فساد الأغذية المعلبة المعاملة حراريا:-

1- أسباب الفساد Causes of spoilage

قد يعود فساد الأغذية المعاملة حراريا إلى سبب كيميائى أو بيولوجى أو الأثنين معا.و أهم نوع للفساد الكيميائى للأغذية المعلبة هو الإنتفاخ الهيدروجينى hydrogen swell الناتج عن ضغط غاز الهيدروجين المنطلق بفعل حامض أحد الأغذية على حديد العلبة.و هناك عيوب أخرى تنتج عن التفاعل بين المادة الصلبة للعلبة و ما تحتويه من غذاء و تشمل (1) تغير اللون الداخلى للعلبة. (2) تغير لون الغذاء. (3) ظهور نكهات غير مقبولة فى الغذاء. (4)تعكير السوائل. (5) تآكل و تثقب المعدن. (6) فقدان فى القيمة الغذائية.
أما الفساد البيولوجى للأغذية المعلبة بواسطة الكائنات الحية الدقيقة فقد ينتج من أحد سببين أو من كليهما معا:
(1) بقاء كائنات حية بعد إتمام المعاملة الحرارية.
(2) عدم إحكام العلبة بعد المعاملة الحرارية مما يسمح بدخول كائنات حية دقيقة.

مظهر العلبة الغير مفتوحة Appearance of the unopened container

عادة يطلق على طرفى العلبة مصطلح "مسطح flat" بما يعنى أنها حقيقة مقعرة قليلا، و يوجد فراغ جزئى قمى داخل العلبة. و إذا تكون ضغط بالداخل تمر العلبة من خلال سلسلة من التشوهات نتيجة الضغوط المتزايدة.
و هناك عيوب أخرى للمظهر العام للعلبة يمكن ملاحظتها قبل و بعد فتحها كالأبنعاجات و الصدأ و الثقوب و خط اللحام الجانبى غير السليم أو عيوب فى اللحمات الطرفية و التآكل.كما ينبعج غطاء العلبة الزجاجية للغذاء تحت ضغط الغاز، كما يظهر بها تسرب الغذاء من خلال اللحامات المكسورة.

2- أنواع الفساد الميكروبى للأغذية المعلبة:

تصنف عادة أنواع فساد الأغذية المعلبة بواسطة الكائنات الحية الدقيقة إلى تلك المسببة عن بكتريا محبة للحرارة Thermophilic و تلك المسببة عن كائنات دقيقية محبة للحرارة المعتدلة Mesophilic .أو تصنف على أساس نوع التغير الحادث فى الغذاء مثل إنتاج الحامض و تكوين الغاز و الأسوداد الخ.كما يمكن تصنيف أنواع الفساد على أساس أنواع الأغذية.و أهم أنماط الفساد البيولوجى

للأغذية المعلبة تجاريا هى الفساد المسطح الحامضى و الفساد الكبريتيدى و تسببه البكتريا المحبة للحرارة المكونة للجراثيم.

تذكر

1- يقصد بالمعاملات الحرارية للأغذية هو تعريض المادة الغذائية إلى درجات حرارة مرتفعة لمدة محددة بغرض القضاء على الميكروبات المرضية و الميكروبات و الإنزيمات المسببة للفساد.و تقسم طبقا لشدة المعاملة إلى نوعين هما البسترة و التعقيم حيث أن البسترة تتم على درجات حرارة و مدة أقل من التعقيم.

2- يتم تقدير المعاملة الحرارية للأغذية على 3 أسس هامة هى:

أ- تقدير مدى المقاومة الحرارية للميكروبات المرضية و المسببة للفساد وهما:

- وقت النقصان العشرى (D-value) و هى تعبر عن المدة اللازمة لخفض عدد الميكروبات إلى العشر عند التسخين على درجة حرارة محددة.
- مقدار التغير فى درجات الحرارة اللازم لخفض قيمة D ذاتها إلى العشر و يعرف باسم "ثابت المقاومة الحرارية للميكروب" أو قيمة "Z".

القيمتان D،Z هامان جدا فى تقدير الزمن اللازم لإتمام المعاملة الحرارية المطلوبة.

ب- حساب المدة المرجعية للمعاملة الحرارية (F_o) و هى عبارة عن المدة اللازمة لتسخين المنتج على درجة حرارة مرجعية معينة (121.1م° للتعقيم) لكى ينخفض العدد الميكروبى فى العبوة الغذائية للحد الآمن المطلوب.و فى التعقيم الطبى يجب أن تكون $D12=F_o$ و فى التعقيم التجارى فإن $D5=F_o$ إلى D8.

ج- عمل منحنى تسخين للمادة الغذائية و إجراء تقييم لمدى مشاركة كل درجة حرارة مر بها الغذاء (و المدة التى ظل عليها) فى مقدار التعقيم المطلوب للوصول إلى قيمة$_o$ F المطلوبة .

3- يقصد بالبسترة تعريض المنتجات الغذائية لدرجة حرارة و مدة كافية لإتلاف معظم الإنزيمات غير المرغوبة و قتل الميكروبات المرضية و تستخدم طريقة البسترة السريعة درجات حرارة عالية (80° م -88° م) لعدة ثوان أما البسترة البطيئة فتستخدم درجات حرارة أقل (من60° م- 77° م) لعدة دقائق. و يكون هدف البسترة للأغذية الحامضية (pH أقل من 4,5) هو التخلص من بكتريا الفساد و تثبيط الإنزيمات، و للأغذية الغير حامضية (pH اعلى من 4,5) هو القضاء على البكتريا المرضية.

4- يتم إختبار كفاءة إتمام البسترة باختبار العد الميكروبى أو بالكشف عن الإنزيمات مثل الفوسفاتيز القاعدى فى اللبن و إنزيم ألفا- أميليز فى البيض السائل.

5- تقسم اجهزة البسترة إلى:-

أ- أجهزة بسترة المنتجات المعبأة و تشمل أنفاق البسترة التى تسخن بالماء فى حالة العبوات الزجاجية أو بمخلوط البخار و الهواء فى حالة العبوات المعدنية

ب- أجهزة البسترة المستمرة االسوائل الغذائية و تشمل جهاز البسترة الأنبوبى المزود بقاشط داخلى لبسترة السوائل اللزجة و جهاز البسترة ذو الألواح و جهاز البسترة الأنبوبى المفرد أو المتعدد الأنابيب لبسترة السوائل منخفضة اللزوجة.

6-الحفظ بالتعقيم هو وحدة العمل التى يتم فيها رفع درجة حرارة المادة الغذائية لدرجة حرارة عالية و لمدة طويلة كافية لقتل الميكروبات و معظم الجراثيم و تثبيط الإنزيمات.

7- يعتبر ميكروب *clostridium botulinum* المكون للجراثيم هو الميكروب المرضى الأكثر خطورة بالنسبة للأغذية الحامضية و يعتبر القضاء عليه شرطا أساسيا لإتمام عملية التعقيم.

8- العوامل التى تؤثر على المعاملة الحرارية (التعقيم) للأغذية هى:

تأثير نوع المواد المستخدمة فى التعبئة حيث أن الصفيح اسرع من الزجاج فى نقل الحرارة، تأثير حجم العبوة، تأثير تركيب الوسط السائل، تأثير حجم و طبيعة المادة المعبأة، تأثير التحريك أثناء التعقيم، تأثير درجة حرارة المعقم، تأثير وسط التسخين، تأثير درجة تركيز أيونات الأيدروجين (الpH) ، تأثير العدد الإبتدائى للميكروبات.

9- يمكن تقسيم الطرق و الأجهزة المستخدمة لتعقيم الأغذية إلى:-

أ- التعقيم للأغذية المعبأة، ب- التعقيم المستمر للأغذية السائلة الغير معبأة

10- تشمل خطوات إعداد و تجهيز الأغذية للحفظ بالتعليب كل من الغسيل، الفرز و التدريج، التقشير و السلق و التقطيع، التعبئة، إضافة المحلول المائى، التسخين الإبتدائى و التفريغ، القفل المزدوج للأغطية و جسم العبوة، التعقيم (المعاملة الحرارية)، التبريد، لصق البطاقات، التعبئة فى كرتونات، التخزين،و يستخدم فى المحلول المائى محلول سكرى للفواكه و محلول ملحى للخضروات، و الهدف من التسخين الإبتدائى و التفريغ هو طرد الغازات و الهواء من محتويات العبوة و الفراغ القمى لها و إحلال بخار محله لإحداث تفريغ داخل العبوة بعد تعقيمها و تبريدها و يكون مقدار التفريغ فى حدود 250 ملليمتر زئبق.

11- تشمل أجهزة التعقيم للعبوات بعض الأجهزة التى تعمل على دفعات مثل المعقم الساكن (الأوتوكلاف العادى)، المعقم الأفقى الدوار و معقم العبوات السائبة، كما تشمل أجهزة تعمل بطريقة مستمرة مثل جهاز التعقيم الدورانى المستمر (Rotary cooker/cooler) و المعقم الهيدروستاتيكى.

12- يسمى التعقيم المستمر للسوائل الغذائية باسم (UHT) كما يعرف باسم Aseptic processing و تصمم اجهزة التعقيم المستمر على أساس تحقيق الهلاكية الحرارية اللازمة لقتل الميكروبات فى السائل الغذائى خلال مروره فى قسم " أنبوبة الحفظ".

13- تقسم نظم التعقيم الحرارى المستمر حسب طريقة التسخين بالبخار إلى:

أ- نظام التسخين بالحقن المباشر للبخار داخل السائل .

ب-نظام التسخين غير المباشر بالبخار فى وجود أسطح معدنية فاصلة (جدر أنابيب أو ألواح) تفصل بين السائل الغذائى و البخار.

14- أهم انواع الفساد الكيمائى للأغذية المعلبة هو الإنتفاخ الهيدروجينى الناتج عن تفاعل أحماض الغذاء مع معدن العبوة، و أهم أنماط الفساد الميكروبي الناشىء عن نشاط البكتريا المتجرثمة المحبة للحرارة هو الفساد المسطح الحامضى و الفساد الكبريتيدى.

الباب السادس: حفظ الأغذية بالتجفيف
Food Preservation by dehydration

مقدمة :

يعرف التجفيف بأنه خفض المحتوى الرطوبي وبالتالي رفع تركيز المادة الصلبة الذائبة للمواد الغذائية بقدر كاف لإيقاف أو تثبيط نحو الأحياء الدقيقة والنشاط الإنزيمي ، مع عدم الإضرار بالقيمة الغذائية والصفات الحيوية والطبيعية للغذاء .

وعلى هذا الأساس تجفف محاصيل الخضر إلى نسبة رطوبة 5% في حين تجفف ثمار الفاكهة إلى نسبة رطوبة من 18% إلى 24% تقريباً ويرجع السبب في الارتفاع النسبي للرطوبة في الفاكهة إلى احتوائها على نسبة مرتفعة من المواد الصلبة الذائبة (مثل السكريات) والتي يصل تركيزها بعد التجفيف إلى 65 – 68% فتعمل كعامل حفظ.

1/6 مزايا وعيوب التجفيف : –

تنحصر مزايا التجفيف فيما يأتي :–

أ– الاحتفاظ بالمواد الغذائية لأطول فترة ممكنة وتنظيم العرض التجاري لها.

ب– قلة وزن وحجم المواد المجففة مما يؤدي إلى خفض تكاليف التعبئة والنقل والتخزين .

جـ– انخفاض نفقات تحضيرها وعدم الحاجة لاستعمال خامات ثانوية للحفظ مثل السكر والعبوات المعدنية أو الحفظ داخل الثلاجات وهو ما يرفع من تكاليف المواد المحفوظة بطرق الحفظ الأخرى.

وتنحصر عيوب التجفيف فيما يأتي:–

أ – فقد بعض المواد الطيارة ومواد النكهة أثناء التجفيف مما يؤدي لاختلاف في الطعم والقوام والمظهر والنكهة عن مثيلاتها الطازجة. ويتوقف هذا الاختلاف على الطرق المستخدمة في التجفيف والاسترجاع.

ب – تعرض المواد الغذائية عند التجفيف وكذلك عند التخزين الطويل لفقد قدر كبير من المحتوى الفيتاميني مثل فيتامينات أ ، ج بينما لا تتأثر مجموعة فيتامين ب كثيراً بعمليات التجفيف .

جـ– شدة تغير لون المنتجات المجففة وتعرض معظم الخضروات المجففة لتغير في الطعم.

د – شدة تعرض المنتجات الجافة للإصابة بالحشرات وخصوصاً عند استخدام طرق تعبئة وتخزين غير ملائمة.

هـ- ارتفاع احتياجات وتكاليف الطاقة اللازمة لإتمام عملية التجفيف مقارنة بطرق الحفظ الحرارية الأخرى.

ويوضح الجدول التالي المحتوى الرطوبي الابتدائي والنهائي لبعض الأغذية المجففة :

جدول (6-1) المحتوى الرطوبي الابتدائي والنهائي لبعض الأغذية المجففة

نوع المادة الغذائية	المحتوى الرطوبي الابتدائي %	المحتوى الرطوبي النهائي %
خضروات : -		
بسلة	77	13
فاصوليا	90	13
جزر	90	9.4
بطاطس	78	9.4
بصل	88	11
فاكهة : -		
تفاح	85	18
كمثرى	84	20
برقوق	84	22-19
عنب	81	22-19
قشور ولب برتقال	75	22-19

2/6 بعض المصطلحات الهامة الخاصة بعملية التجفيف :

أ – مصطلحات خاصة بالمادة الغذائية :

1- المحتوى الرطوبي للمادة الغذائية (m) : وهو عبارة عن وزن الرطوبة الموجودة بالمادة الغذائية منسوباً إلى الوزن الكلي للمادة الغذائية ويعبر عنه كنسبة مئوية.

2- نسبة الرطوبة بالمادة الغذائية (M) : وهو عبارة عن وزن الرطوبة بالمادة الغذائية منسوباً لوزن المادة الجافة الصلبة للمادة الغذائية، ويعتبر التعبير عن المحتوى الرطوبي للمادة الغذائية " كنسبة رطوبة M " أفضل من التعبير عنه "كمحتوى رطوبي m " نظراً لأن الوزن الكلي للمادة الغذائية يتغير أثناء عملية التجفيف بينما وزن المادة الصلبة (الجافة) لا يتغير .

3- نسبة التجفيف (Drying Ratio) : وهي النسبة بين وزن المادة الغذائية قبل بدء التجفيف ووزن المادة الغذائية بعد انتهاء عملية التجفيف ، وهو يعبر عن كمية المادة الطازجة بالكيلو جرامات اللازمة لإنتاج كيلو جرام من المادة الغذائية المجففة.

4- الجفاف السطحي (Case Hardening) : وهو يعبر عن مدى جفاف وانكماش الأنسجة السطحية للمواد الغذائية أثناء عملية التجفيف وتكوينها طبقة غير مسامية تعوق تبخر الرطوبة من الأنسجة الداخلية.

ب – مصطلحات خاصة بالهواء المستخدم في أجهزة التجفيف:-

1- الرطوبة المطلقة Absolute humidity (X) : وهي عبارة عن وزن بخار الماء (X) (بالجرامات) الموجود في وحدة وزن (1 كجم) من الهواء الجاف وذلك باعتبار أن الهواء الجوي العادي يتكون من شقين هما: غازي الأكسجين والنتروجين (شق أول) واللذان يطلق عليهما مصطلح " الهواء الجاف " وبخار الماء (شق ثاني)

2- الرطوبة النسبية (RH) Relative humidity : وهو اصطلاح يعبر عن النسبة بين وزن بخار الماء الموجود فعلاً في الهواء ، ووزن بخار الماء اللازم لتشبع هذا الهواء بالبخار عند درجة حرارة معينة .

3/6 المبادئ الأولية لتجفيف المواد الغذائية:

يتوقف تجفيف المواد الغذائية على ثلاثة اعتبارات رئيسية هي كالآتي:-

أولاً: إيقاف أو تثبيط جميع العوامل الحيوية التي تؤدي إلى كثير من التغيرات بخواص وصفات المواد الغذائية الطازجة أثناء التجفيف وعند التخزين وهي عوامل كيميائية وطبيعية وميكروبيولوجية.

1- العوامل الكيميائية: وتشمل الإنزيمات المؤكسدة مثل البيروكسيديز والفينوليز والكتاليز وهي إنزيمات تساعد على اتحاد الأكسجين مع بعض الأحماض أو المواد الفينولية لتكوين مركبات داكنة اللون ومشتقات بيروكسيدية تعمل على تغير الطعم والرائحة للمادة الغذائية وتأكسد فيتامين C ومثال على ذلك تغير لون البطاطس بعد التقطيع إلى اللون الداكن بفعل هذه الإنزيمات. وتنحصر طرق مقاومة النشاط الإنزيمي المؤكسد في سبيلين وهما السلق والكبرتة . كما تشمل العوامل الكيماوية أيضاً تعرض المواد الغذائية لانحلال محتواها الكربوهيدراتي والبروتيني بفعل الحرارة المرتفعة أو بفعل إنزيمات التحلل أو للنشاط الميكروبي قبل البدء في عملية التجفيف وأثناء المرحلة الأولى منها.

2- العوامل الطبيعية: يقصد بالتغيرات الطبيعية هنا التأثير الميكانيكي والحيوي لعملية التجفيف على الخلية النباتية. فعملية السلق (إحدى الخطوات لعملية التجفيف) تؤدي إلى انتفاخ الحبيبات النشوية وتحلل النشا إلى دكسترين بواسطة أنزيم الأميليز في المرحلة الأولى من عملية التجفيف . كما تؤدي عمليتي السلق والتجفيف إلى حدوث بلزمة للسيتوبلازم الموجود داخل الخلايا النباتية (أي يتحول

من الحالة الذائبة إلى حالة غير قابلة للذوبان) ويفقد بذلك خاصيته في تنظيم خروج ودخول الرطوبة من داخل وإلى خارج الخلية النباتية مما يؤثر سلباً على خاصية استرجاع المواد المجففة عند نقعها في الماء. كما تفقد بعض الخضروات مثل الجزر والبنجر بعض المواد المغلفة لصبغات الكاروتين بها (مثل الغشاء الدهني المغلف لصبغة الجزر والغشاء البكتيني المغلق لصبغة البنجر) مما يجعل هذه الصبغات مكشوفة وتتعرض للهدم والأكسدة بواسطة الأكسجين. كما تشمل العوامل الطبيعية أيضاً ظاهرة الجفاف السطحي للمواد الغذائية أثناء التجفيف كما سبق ذكره.

3- العوامل الميكروبية: بالإضافة إلى ما سبق شرحه فإنه يجب مراعاة ما يلي عند تجفيف الأغذية :

- منع التلوث بالأحياء الدقيقة ذات الإفرازات الضارة أثناء عمليات التجهيز والتجفيف.
- خلو المواد الغذائية المجففة من كافة أنواع التلوث بالأحياء الدقيقة المرضية.
- خفض المحتوى الرطوبي وبالتالي درجة النشاط المائي للمادة الغذائية المجففة إلى الحد الذي يمنع التلف الميكروبي والتحلل أثناء التخزين.

لذلك يجب أن لا تقل درجة الحرارة أثناء التجفيف عن 50°م مع استخدام خامات سليمة ذات صفات وخواص جيدة والالتزام بخطوتي السلق والكبرتة.

ثانياً: ملائمة درجة حرارة التجفيف للتركيبين الكيميائي والطبيعية للمواد الغذائية:-

تقع الدرجات الحرارية المستعملة في تجفيف المواد الغذائية ما بين درجتي 50°م و 90°م ويؤدي استعمال درجة حرارة تزيد عن 90°م في تجفيف المواد الغذائية الصلبة (كالخضر والفواكه) إلى حدوث ظاهرة الجفاف السطحي واحتراق الأنسجة السطحية للمادة المطلوب تجفيفها، كما يؤدي استعمال درجة حرارة تقل عن 50°م إلى تعرض المادة الغذائية إلى التلف الميكروبي. ويمكن استعمال درجات حرارة أعلى من 90°م في حالة تجفيف السوائل. وعموما تتوقف درجة حرارة التجفيف على عدة عوامل أهمها:-

- المحتوى الرطوبي الابتدائي للمادة الغذائية وكمية الرطوبة الواجب إزالتها.
- التركيب الكيمائي والطبيعي للمادة الغذائية ومدى حساسية هذه المكونات للتغير بدرجة الحرارة.

لذلك ينصح بأن تتم عملية التجفيف على أعلى درجة حرارة ملائمة يمكن استخدامها مع كل نوع من المواد الغذائية . فبالنسبة للأغذية عالية الرطوبة (أعلى من 90%) والمنخفضة في نسبة السكريات مثل الجزر والفاصوليا وشرائح البصل

وثمار الكريز فيتم التجفيف أولاً على درجة حرارة عالية (من 70 إلى 100ْم) لمدة قصيرة (15–30دقيقة) حتى لا يحدث نضح للعصير الداخلي من الخلايا المجروحة ، ثم يستكمل التجفيف على درجة حرارة منخفضة نسبياً (60 – 70ْم)حتى الوصول للمحتوى الرطوبي النهائي أما بالنسبة للثمار الكاملة مثل البرقوق فيتم التجفيف أولاً ببطء على درجة حرارة منخفضة نسبياً (50 – 60ْم) ثم ترفع درجة الحرارة تدريجياً إلى 80 – 95 ْم) بتقدم عملية التجفيف وذلك لتجنب ظاهرة الجفاف والتصلب السطحي وتجنب تهتك القشرة الخارجية للثمار تحت تأثير ضغط بخار الماء المتصاعد من داخل أنسجة الثمار ويفضل في حالة البرقوق التجفيف لمدة 7 ساعات على 50 ْم يعقبها راحة لمدة 7 ساعات أخرى ثم استكمال التجفيف لمدة 7 ساعات أخرى على 60 ْم يعقبها راحة لمدة 7 ساعات ثم استكمال التجفيف على 70 ْم لمدة 7 ساعات.

ثالثاً: تنظيم حركة الهواء الساخن المستخدم في التجفيف والتحكم في رطوبته النسبية:

للهواء الساخن المستخدم في تجفيف الأغذية وظيفتان رئيسيتان هما:-

– نقل الحرارة إلى المادة الغذائية المطلوب تجفيفها وبالتالي إمداد الماء بكمية الحرارة الكافية لتبخيره.

– استقبال بخار الماء المتصاعد من سطح المادة الغذائية ونقله إلى خارج حيز التجفيف للمحافظة على استمرارية صعود بخار الماء من المادة الغذائية المطلوب تجفيفها.

4/6 ميكانيكية عملية التجفيف :-

تتطلب عملية التجفيف إزالة الرطوبة بالتبخير من المواد الغذائية الصلبة أو السائلة ، لذلك تحتاج عملية التجفيف إلى الطاقة الحرارية الكافية اللازمة لتبخير الرطوبة ويتم إمداد المادة الغذائية بهذه الطاقة الحرارية عن طريق الهواء الساخن وبناء عليه فإن عملية التجفيف تعتبر من عمليات انتقال الحرارة وانتقال الكتلة.

ويوضح الشكل رقم (6–1) ميكانيكية انتقال الحرارة من الهواء الساخن إلى المادة الغذائية وميكانيكية انتقال بخار الماء من سطح المادة الغذائية إلى الهواء المستخدم في التجفيف. فالهواء الساخن الداخل إلى المجفف تكون درجة حرارته مرتفعة (t_1) ورطوبته النسبية منخفضة (RH_1) وعند تلامسه مع سطح المادة الغذائية تكتسب المادة كمية من الحرارة (Q) من الهواء الساخن المحيط بها وتستغل المادة الغذائية هذه الكمية من الحرارة في تحويل الرطوبة الموجودة بها من الحالة السائلة إلى الحالة البخارية (الغازية) ويتصاعد بخار الماء وينتشر في الهواء

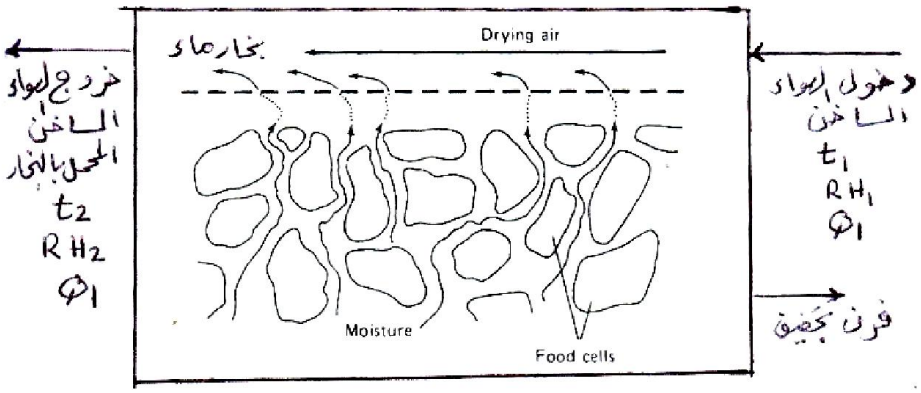
المار داخل المجفف فيتشبع الهواء جزئياً ببخار الماء ويخرج من المجفف على درجة حرارة أقل (T_2) ورطوبة نسبية أعلى (RH_2) اكتسبها من المادة الغذائية والتي ينخفض بالتالي محتواها الرطوبي باستمرار عملية التجفيف.

وإذا تم تتبع التغير في المحتوى الرطوبي للمادة الغذائية أثناء مدة التجفيف فإننا نحصل على منحنى مماثل للشكل رقم (6-2) ويسمى منحنى التجفيف للمادة الغذائية ويتميز هذا المنحنى بوجود 3 نقاط أساسية هي 1 ، 2 ،3. وتمثل النقطة (1) المحتوى الرطوبي الابتدائي (Mo) للمادة الغذائية والنقطة (2) تمثل المحتوى الرطوبية الحرج (Mc) Critical moisture Content للمادة الغذائية ، ونجد أن الخط الواصل بين النقطين (1) ، (2) هو عبارة عن خط مستقيم يمثل علاقة خطية بين المحتوى الرطوبي للمادة الغذائية ومدة التجفيف ، أي أن مقدار الانخفاض في المحتوى الرطوبي للمادة الغذائية يزداد كلما زادت مدة التجفيف إلى أن يصل المحتوى الرطوبي إلى النقطة (2) والتي تمثل المحتوى الرطوبي الحرج (أي المحتوى الرطوبي الذي يحدث عنده تغير في مسار المنحنى). وبين النقطة (2) والنقطة (3) نجد أن المنحنى يأخذ خطاً غير مستقيم ويتغير ميل المنحنى إلى أن يصبح شبه أفقي عند النقطة (3) والتي تمثل المحتوى الرطوبي الإتزاني (Me) للمادة الغذائية Equilibrium moisture Content وهو عبارة عن المحتوى الرطوبي النهائي للمادة الغذائية والذي لا يتغير مهما استمرت عملية التجفيف لمدد أطول.

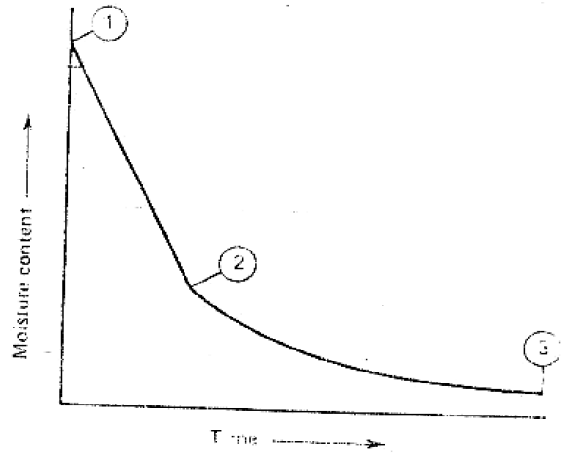
من هذا المنحنى نجد أن عملية تجفيف المادة الغذائية تمر بمرحلتان هما :

أ – **مرحلة التجفيف بمعدل ثابت** (المرحلة بين نقطتي 1 ، 2) ويمكن معرفة معدل التجفيف للمادة الغذائية بمعرفة ميل هذا الخط المستقيم.

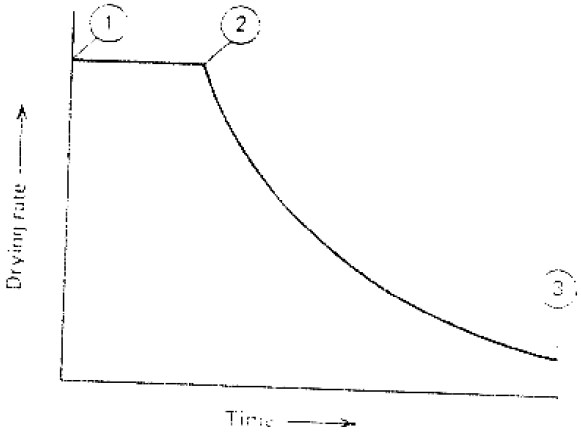
ب– **مرحلة التجفيف بمعدل متناقص** (المرحلة بين نقطتي 2 ، 3) ونجد أن كمية الرطوبة التي تفقد من المادة الغذائية في كل وحدة زمن (ساعة مثلاً) تتناقص باستمرار عملية التجفيف إلى أن يصل معدل خروج الرطوبة إلى صفر عند المحتوى الرطوبي الاتزاني والذي يمثل بالتالي انتهاء عملية التجفيف للمادة الغذائية. ويتوقف شكل (مسار) منحنى التجفيف على حسب نوع المادة وطريقة تجهيزها وإعدادها للتجفيف وعلى درجة حرارة الهواء المستخدم وسرعته ورطوبته النسبية .



شكل (6–1): ميكانيكية انتقال الحرارة إلى المادة الغذائية و تبخر الرطوبة منها أثناء التجفيف باستخدام الهواء الساخن



شكل(6–2):
منحنى التجفيف (التغير في المحتوى الرطوبي للمادة الغذائية أثناء مدة التجفيف)



و العلاقة بين معدل التتجفيف و مدة التجفيف

– **أثناء مرحلة التجفيف بمعدل ثابت :** يتم فقد الرطوبة الحرة الموجودة على سطح المادة الغذائية والطبقات الأخرى القريبة من السطح والقنوات الشعرية الموجودة بين الخلايا النباتية ويكون معدل خروج الرطوبة من هذه الأسطح متوقفاً فقط على كمية الحرارة التي يمكن أن تكتسبها المادة الغذائية من الهواء المستخدم في التجفيف وتكون الرطوبة متوفرة بحيث أنها تخرج وتتبخر بمعدل منتظم طوال هذه المرحلة من التجفيف، وتنتقل الحرارة من الهواء إلى سطح المادة الغذائية عن طريق تيارات الحمل والتي تعتمد بالتالي على درجة حرارة الهواء ورطوبته النسبية وسرعته. وبرغم تبخر الرطوبة من المادة الغذائية إلا أن درجة حرارتها خلال هذه المرحلة تكون منخفضة نسبياً وأقل بكثير من درجة حرارة الهواء المستخدم في التجفيف وبالتالي لا يحدث أي تحطم لمكونات المادة الغذائية أو أي تغير في لونها.

– **أثناء مرحلة التجفيف بمعدل متناقص:** يكون معدل هجرة الرطوبة من داخل أنسجة المادة الغذائية إلى السطح المعرض للهواء الساخن ليس بالقدر الكافي اللازم للترطيب الكامل لسطح المادة الغذائية ويتناقص معدل هجرة الرطوبة إلى السطح كلما تقدمت مدة التجفيف وأصبح تركيز الرطوبة بالمادة الغذائية منخفضاً أقل من المحتوى الرطوبي الحرج ويتأثر معدل هجرة الرطوبة من داخل المادة الغذائية إلى السطح أثناء هذه المرحلة على التركيب الداخلي للمادة الغذائية ومدى مساميتها وعلى درجة حرارة الهواء والتي تحفز حركة جزيئات الماء من داخل المادة الغذائية إلى سطحها وفي نهاية هذه المرحلة يحدث بعض التغير في مكونات المادة الغذائية والشكل الخارجي لها ولونها نتيجة للإرتفاع في درجة الحرارة وانكماش السطح الخارجي.

وتتميز الخضروات ذات المحتوى الرطوبي المرتفع بوجود مرحلتي التجفيف (مرحلة التجفيف بمعدل ثابت ومرحلة التجفيف بمعدل متناقص) نظراً لاحتوائها على كمية كبيرة من الرطوبة الحرة، أما معظم الفواكه فلا يوجد لها مرحلة للتجفيف بمعدل ثابت وإنما تتم عملية التجفيف من بدايتها إلى نهايتها بمرحلة تجفيف ذات معدل متناقص نظراً لارتفاع هيجروسكوبيتها (احتوائها على نسبة عالية من الكربوهيدرات ترتبط بالماء) وانخفاض المحتوى الرطوبي الابتدائي لها عن الخضروات.

5/6 مشكلة الطاقة في عمليات التجفيف:

بمقارنة عملية التجفيف بالعمليات الحرارية الأخرى المستخدمة لطرد الرطوبة من المواد الغذائية السائلة مثل التركيز بالتبخير (المبخرات) نجد أن احتياجاتها للطاقة

الحرارية لا يزيد عن 2/1 كجم بخار حي/ كجم بخار من المادة الغذائية وهو ما يمثل 25% من الطاقة الحرارية المماثلة عند طرد الرطوبة بالتجفيف .
كما أن عملية السلق الضرورية والتي تسبق عملية التجفيف فإنها تحتاج إلى حوالي 60–80 كجم بخار/ ساعة لكل طن من الخضار. ويمكن خفض كمية الطاقة الحرارية اللازمة للتجفيف بالإجراءات التالية :–
أ – عزل أجهزة التجفيف عزلاً حرارياً كاملاً وكذلك الأجهزة والأنابيب المساعدة مما يخفض 7% من الطاقة الحرارية.
ب– خلط كمية من الهواء الساخن نسبياً الخارج من المجفف مع كمية أخرى من الهواء الطازج (الهواء الجوي) وتسخين المخلوط إلى درجة حرارة التجفيف المطلوبة فيستفاد من كمية الطاقة الحرارية الموجودة في الهواء العادم (الخارج من المجفف) في خفض كمية الطاقة الإجمالية اللازمة لتسخين الهواء.
ج– كبس المادة الغذائية الطازجة المعدة للتجفيف كبساً جزئياً بطرق ميكانيكية (أي باستخدام مكابس هيدروليكية) للتخلص من جزء من المحتوى الرطوبي للمادة الغذائية (20% إلى 30%) ثم يتم طرد الجزء المتبقي بالتجفيف باستخدام الهواء الساخن فيقلل ذلك من كمية الرطوبة الإجمالية اللازم إزالتها بالتجفيف.
د – استخدام طريقة التبخير (التركيز بالتبخير) للسوائل الغذائية مثل الألبان والعصائر والشوربة باستخدام أجهزة التركيز بالتبخير وبالتالي تقليل كمية الرطوبة الإجمالية اللازم إزالتها بالتجفيف.
هـ– استخدام طريقة التجفيف الأسموزي بغمر قطع المادة الغذائية المعدة للتجفيف في محلول ملحي للخضر (6% – 8%) أو محلول سكري للفاكهة (50% – 60%) على درجة حرارة 50° م لمدة 2 – 4 ساعة فيخرج جزء من الرطوبة الموجودة بالمادة الغذائية (حوالي 50%) إلى المحلول الأسموزي المحيط وينخفض المحتوى الرطوبي للمادة الغذائية جزئياً ثم تستكمل عملية التجفيف في المجففات الصناعية بالهواء الساخن .

6/6 خطوات إعداد وتجهيز المواد الغذائية للحفظ بالتجفيف :

تشمل عمليات إعداد وتجهيز المواد الغذائية للحفظ بالتجفيف مايلي: –

1– عمليات التجهيز للتجفيف.
2– عمليات إعداد المادة للتجفيف (معاملات ما قبل التجفيف).
3– التجفيف .
4– تعبأة وتخزين الأغذية المجففة. ويوضح الشكل رقم (6–3) المسار التكنولوجي لعمليات تجهيز وإعداد وتجفيف المواد الغذائية .

1/6/6 عمليات التجهيز للتجفيف :

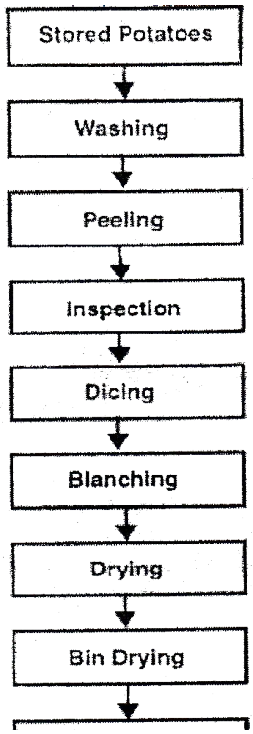
أ – انتخاب الأصناف الصالحة للتجفيف : حيث يراعى في الأصناف التي تنتخب للتجفيف ارتفاع نسبة المواد الصلبة بها وانخفاض نسبة الرطوبة .

ب – الحصاد والإنضاج : يؤدى الحصاد قبل النضج أو في مرحلة النضج الزائد الى انتاج أغذية مجففة رديئة الجودة.

جـ– الغسيل: تجري هذه العملية لإزالة الأتربة والمواد الملتصقة على سطح الثمار خاصة الجذرية والخضروات الورقية وكذلك للتخلص من بقايا المبيدات الحشرية والمعادن الثقيلة حتى لا تزداد نسبتها في المواد المجففة. ويجري الغسيل بالآلات التي سبق شرحها .

د– الفرز والتدريج: والغرض من هذه العملية هو فصل الأجزاء الفاسدة والتالفة أو التي لا تتوفر فيها الصفات المطلوبة ويتم ذلك بالطرق والأجهزة السابق شرحها.

هـ– التقشير : يجري تقشير لبعض ثمار الخضر والفاكهة قبل تجفيفها ويتم ذلك بعدة طرق : تقشير يدوي – أو بالسكاكين الآلية – تقشير بالبخار – تقشير باستخدام المحاليل القلوية – تقشير بالماء الساخن – تقشير باللهب – تقشير بالاحتكاك . ويمكن الإطلاع على شرح الأجهزة المستخدمة كما سبق. كما أن هناك بعض الخضروالفاكهة لا يجري تقشيرها قبل التجفيف مثل العنب والمشمش والبرقوق والخضروات الورقية .



شكل (6-3): رسم تخطيطي لمسار تجفيف مكعبات البطاطس

Figure 8–6 Process block diagram of dehydration of diced potatoes.

و – التجزئة والتقطيع : تجري عادة لكثير من الخضر والفاكهة حيث تقسم

ثمار الخوخ والمشمش إلى نصفين أو تقطع المادة الغذائية إلى مكعبات كما في البطاطس والجزر أو إلى شرائح كما في التفاح والطماطم وعملية التجزئة والتقطيع تزيد مساحة الأسطح المعرضة للهواء الساخن وتسرع من عملية التجفيف وتستخدم أجهزة تقطيع كما سبق شرحه. وبعض أنواع الفاكهة تجفف كاملة مثل البلح والعنب .

2/6/6 معاملات ما قبل التجفيف : -

أ – السلق : Blanching :-

تعرف عملية السلق بأنها معاملة الثمار (خضر + بعض أنواع الفاكهة) بالماء الساخن أو البخار الرطب إلى درجة حرارة تقرب من الغليان لتثبيط الإنزيمات المؤكسدة وتقليل الحمل الميكروبي وتطرية الأنسجة والقوام وطرد قدر كبير من الأكسجين الذائب بها. وتجري عملية السلق كخطوة أساسية في صناعة التجفيف على جميع أنواع الخضروات ماعدا البصل والثوم حتى لا تفقد مكوناتها الطيارة الخاصة بالطعم والفاكهة. وينصح بسلق المشمش والخوخ حيث تكتسب الثمار لونا زاهياً عند التجفيف وتعمل عملية السلق إلى حدوث دنترة وتثقيب لجدر الخلايا النباتية مما يؤدي إلى سرعة تبخير الرطوبة من الأغذية أثناء التجفيف (وخصوصاً أثناء المرحلة الثانية من التجفيف وهي مرحلة التجفيف بمعدل متناقص والتي تعتمد على هجرة الرطوبة من داخل الخلايا النباتية إلى سطح قطع الثمار) ، كما تزيد من سرعة تشرب المادة المجففة للماء عند استرجاعها وتجهيزها للاستهلاك (Dehydration) .

وتجري عملية السلق بالأجهزة التي تم ذكرها سابقاً. ويجب التأكد من إتمام عملية السلق بإجراء اختبارات للكشف عن مدى وجود انزيمات الكتاليز والبيروكسيديز والبولي فينول أوكسيديز كما سبق ذكره . كما يجب أن يكون رقم الـ pH لماء السلق مناسباً لكل نوع من الثمار حتى لا يتغير لون الثمار .

ب- الغمر في المحاليل القلوية (Lye dipping) :

تغمر بعض ثمار الفاكهة المعدة للتجفيف لمدة 20 إلى 30 ثانية في محلول قلوي مجفف ساخن (صودا كاوية أو كربونات صوديوم) بتركيزات من 0.2 إلى 0.5% ومضافاً إليه كميات قليلة من زيت نباتي أو ethyl oleate والمعاملة بالمحلول القلوي ضرورية للثمار المحتوية على طبقة شمعية سطحية مثل العنب والخوخ حيث يعمل المحلول القلوي على تشقق وإزالة هذه الطبقة الشمعية وتليين القشرة الصلبة للثمار حيث يحسن من امتصاصها لغاز ثاني أكسيد الكبريت عند إجراء عملية الكبرتة وكذلك يحسن من معدلات التجفيف وتسهيل خروج الرطوبة من

أنسجة الثمار . وتتراوح مدة الغمر من ثواني قليلة إلى عدة دقائق حسب حجم الثمار وسمك الطبقة الشمعية بها. ويجري بعد ذلك غسيل بالماء لإزالة كل آثار القلوي قبل التجفيف .

جـ- الكبرتة Sulfuring :

وهي عبارة عن تعريض قطع الثمار المراد تجفيفها وكذلك بعض الثمار المجففة بعد عملية التجفيف لغاز ثاني أكسيد الكبريت وتجري على الفاكهة عموماً وعلى بعض الخضروات مثل البطاطس والجزر والبصل. والغرض من إجراء عملية الكبرتة هو المحافظة على لون الأغذية المجففة وعلى محتواها الفيتاميني مثل فيتامين C ، A حيث يعمل غاز ثاني أكسيد الكبريت على تثبيط الإنزيمات المؤكسدة وتثبيط الأحياء الدقيقة . ويؤدي خفض الرطوبة في الفاكهة الجافة إلى 12 – 14% إلى منع تعرض ثاني أكسيد الكبريت للفقد عند التخزين مما يساعد بالتالي على الاحتفاظ بفيتامين C ، A بشرط ألا يقل تركيز هذا الغاز في الفاكهة المجففة عن 200 جزء في المليون للإحتفاظ بهذه الفيتامينات، كما يعتبر غاز ثاني أكسيد الكبريت مانع لوجود الحشرات سواء أثناء التجفيف الشمسي التقليدي أو أثناء التخزين. **وتتم عملية الكبرتة: -**

إما بتعريض الثمار لأبخرة (غاز) الكبريت المحترق أو بغمر الثمار في محلول كبريتي (مثل ميتابيسلفيت صوديوم) بتركيز من 0.1– 0.3% لمدة تتراوح من دقيقة إلى بضع دقائق .

3/6/6 أجهزة وطرق التجفيف : -

تنحصر أهم الطرق المستخدمة في تجفيف الخضر والفاكهة في طريقتين رئيسيتين هما :

التجفيف الشمسي والتجفيف الصناعى

1/3/6/6 طرق وأجهزة التجفيف الشمسي :-

تنحصر طرق التجفيف الشمسي في طريقتين رئيسيتين هما: التجفيف الشمسي المباشر والتجفيف في أجهزة تجميع الطاقة الشمسية .

- التجفيف الشمسي Sun drying : -

يعتبر التجفيف الشمسي بالتعرض المباشر لأشعة الشمس من أبسط الطرق وأقلها تكلفة بشرط توفر سطوع الشمس وعدم تعرض الثمار للأمطار أو الرياح الرملية . غير أنها تعرض المواد الغذائية لكثير من عوامل الفساد اللون المتنوعة فضلاً عن عدم التحكم في ظروف التجفيف وتعرض المنتجات لتغير في اللون والطعم الناتج عن طول مدة التجفيف .

وتنحصر طريقة التجفيف الشمسي في نشر الثمار بعد تجهيزها تحت أشعة الشمس لمدة من الوقت كافية لطرد أكبر قدر من الرطوبة ثم إتمام تجفيف بعض المنتجات في الظل، وبذلك يتوقف هذا النوع على حرارة الشمس لتبخير الرطوبة وعلى تيارات الحمل الطبيعية للهواء لحمل ما يتبخر منها ونظراً لبطء حركة الهواء العادي فإن هذه العملية تتطلب وقتاً أطول عن طريقة التجفيف الصناعي وقد تتعرض المادة الغذائية للتخمر أو كرملة السكر أو تغير في اللون الطبيعي أو التلوث بالأتربة والحشرات. وتستخدم هذه الطريقة في تجفيف البلح والعنب والمشمش والتين والبرقوق والملوخية والبامية وبعض التوابل. ويجب اختيار الموقع المناسب والأرضية المناسبة لحوش التجفيف الشمسي بحيث تكون بعيدة عن الرياح المحملة بالأتربة وتقام بها مظلات لإعداد وتجهيز الخضر والفاكهة ومباني لحرق زهر الكبريت. ويصل المحتوى الرطوبي النهائي للفواكه المجففة شمسياً إلى حوالي 15 – 20 وهو يعتبر المحتوى الرطوبي الاتزاني (me) مع الهواء الجوي المحيط.

– التجفيف بالطاقة الشمسية المجمعة Solar drying :–

يعتبر التجفيف بالطاقة الشمسية المجمعة أحد طرق التجفيف بالهواء حيث يتم تسخين الهواء بواسطة الطاقة الشمسية في وحدة مجمع الطاقة الشمسية (solar collector) وعادة ما تستخدم وحدات تجميع الطاقة الشمسية الصندوقية المستطيلة الشكل المحتوية على لوح معدني أسود معرج يمتص الطاقة الشمسية ويحولها إلى طاقة حرارية ومركب في قاع صندوق طويل مفتوح الطرفين ويدخل الهواء الجوي إلى قناة (ممر) وحدة المجمع الشمسي إما عن طريق تيارات الحمل الطبيعية أو باستخدام مروحة لدفع الهواء.

ويوضح الشكل رقم (6–4) نموذجاً مبسطاً لجهاز تجفيف يعمل بالطاقة الشمسية المجمعة حيث يتكون من جزئين رئيسيين هما: صندوق تجميع الطاقة الشمسية (Solar collector) يتم توصيله بزاوية ميل مع كابينة تجفيف رأسية مزودة بأرفف لوضع صواني المادة الغذائية المطلوب تجفيفها. وزاوية الميل يجب ضبطها بحيث تسقط أشعة الشمس عامودية على المجمع. وتتم حركة الهواء إلى المجمع الشمسي وداخل كابينة التجفيف بواسطة تيارات الحمل الطبيعية ويمكن إطالة قمة (مدخنة) الكابينة لتعلو إلى حوالي 1.5 –2م لمساعدة دفع تيارات الحمل والإسراع من عملية التجفيف، كما يمكن استخدام مروحة كهربائية لدفع الهواء إلى المجمع وإلى كابينة التجفيف مما يزيد من كفاءة المجمع
ويسرع من معدل التجفيف. ويبلغ متوسط الطاقة الشمسية في مصر 3600 كيلو كالوري/م2 . يوم بينما يحتاج الكيلو جرام الواحد من رطوبة المادة الغذائية حوالي

570 كيلو كالوري لكي يتحول إلى الحالة البخارية وبالتالي فإن معدل تبخير الرطوبة (معدل التجفيف) داخل كابينة تجفيف مجفف الطاقة الشمسية حوالي 0.72 كجم بخار ماء/ م2 . ساعة (باعتبار أن متوسط سطوع الشمس = 7 ساعات يومياً) ، لذلك فإن مساحة أسطح المجمع الشمسي ومساحة أسطح التجفيف في كابينة المجفف لابد أن تكون كبيرة حتى تفي بالاحتياجات الحرارية اللازمة لتجفيف الأغذية. لذلك يعتبر التجفيف بمجمعات الطاقة الشمسية ناجحاً فقط عند تجفيف كميات صغيرة من الأغذية مثل العنب والمشمش. وللتغلب على التشغيل المتقطع لمجمعات الطاقة الشمسية (بالنهار فقط) فأنه يمكن الاستعانة بوسائل إضافية للتشغيل شبه المستمر للمجفف مثل استخدام مصدر طاقة (حرارية، كهربائية) خارجي أو تخزين الطاقة الشمسية أثناء فترات النهار على هيئة تسخين مياه في تنكات معزولة ملحقة بجهاز التجفيف تستخدم ليلاً كمصدر للحرارة أو تزويد قاع الكابينة ببعض الصخور التي تسخن وتجمع حرارة الطاقة الشمسية لاستخدامها كمصدر حراري لعدة ساعات بعد غياب الشمس. وتصل درجة حرارة الهواء المسخن داخل كابينة التجفيف ما بين 50 إلى 70°م. ويمكن تطوير مجفف الطاقة الشمسية البسيطة لكي يصبح على هيئة نفق تجفيف مسخن بالطاقة الشمسية.

2/3/6/6 طرق وأجهزة التجفيف الصناعي: -

تستخدم أجهزة التجفيف الصناعية مصادر لتوليد الطاقة الحرارية اللازمة لتسخين المواد الغذائية وقد تكون المصادر هي:

- الطاقة الكهربية على هيئة ملفات مقاومة كهربية تسخن بمرور التيار الكهربي بها وتستخدم لتسخين الهواء اللازم للتجفيف.
- البخار الحي المولد بواسطة غلاية حيث يمرر هذا البخار في مواسير (ملفات) تتلامس مع الهواء المستخدم في التجفيف.
- الإشعال والحرق المباشر لمصادر الطاقة مثل الغاز الطبيعى واستخدام غازات الاشتعال لنقل الحرارة إلى المادة الغذائية.

ويمتاز التجفيف الصناعي عن التجفيف الشمسي بالمميزات الآتية:-

1- الأغذية المجففة صناعياً تكون على درجة عالية من الجودة بالمقارنة بالمجففة شمسياً نظراً لإمكانية التحكم في ظروف التجفيف الصناعي.

2- يحتاج التجفيف الصناعي إلى مساحة أقل بالمقارنة بالتجفيف الشمسي.

3- لا تحتاج عمليات التجفيف الصناعي إلى ظروف جوية معينة بل تتم على مدار السنة ولا تتعرض الأغذية إلى الأتربة من الجو المحيط كما في التجفيف الشمسي.
4- تكون المادة الغذائية المجففة صناعياً عند إعدادها للاستهلاك أقرب للحالة الطازجة من حيث اللون والطعم والقيمة الغذائية عن مثيلتها المجففة طبيعياً.

وعموما يمكن تقسيم أجهزة التجفيف الصناعي طبقاً لطريقة تسخين المادة الغذائية إلى:-

1- أجهزة تجفيف تستخدم الهواء الساخن في نقل الحرارة إلى المادة الغذائية وفي نقل البخار المتصاعد إلى خارج المجفف.
2- أجهزة تجفيف تستخدم الأسطح الحرارية الصلبة مباشرة في تسخين المادة الغذائية بينما يستخدم الهواء فقط لنقل البخار المتصاعد إلى خارج حيز التجفيف.

وفيما يلي شرحاً موجزاً لمكونات وطريقة عمل أجهزة التجفيف الصناعي :

1/2/3/6/6 أجهزة التجفيف الصناعي باستخدام الهواء الساخن: -

- كوارات (صوامع) التجفيف Bin (silo) dryers :

تسمى أيضاً مجففات الحبوب لأنها تستخدم للتجفيف الجزئي للحبوب بعد الحصاد مثل القمح والشعير والأرز والذرة وتسمى أيضاً مجففات الطبقة العميقة نظراً لارتفاع سمك طبقة الحبوب الموجودة بداخلها وتتكون كما هو موضح بالشكل (6-5-أ) من جسم اسطواني الشكل مزود بقاع معدنية مثقبة أفقية أو مائلة توضع عليها الحبوب المطلوب تجفيفها بسمك يصل إلى أكثر من 1م . وعادة يكون المحتوى الرطوبي للحبوب عند الحصاد في المناطق الممطرة حوالي 25% ويتم تجفيفها لكي يصل محتواها الرطوبي إلى 16-18% ويتم سحب الهواء الجوي بواسطة مروحة ودفعه إلى مسخن كي ترتفع درجة حرارته إلى 40-50°م فقط حتى لا يتأثر جنين وإنزيمات الحبوب ثم يتم دفع الهواء من أسفل أرضية الصومعة بمعدل من 45 – 90م^3 / ساعة .م^3 حبوب (سرعة الهواء = 0.5 م / ث. م^2) ليتخلل طبقة الحبوب ويعمل على تجفيفها وإزالة حرارة التنفس منها حتى لا تتراكم داخل الصومعة ويطرد الهواء العادم إلى خارج الصومعة وقد يستفاد من جزء منه بخلطه مع هواء جديد. وتعمل الكوارات بنظام الدفعات ولكن يوجد أنواع منها تعمل بطريقة مستمرة حيث يتم تغذية الحبوب من أعلى الصومعة ذات الجدار المثقب (شكل 6-5-ب) ثم تتحرك لأسفل بفعل الجاذبية الأرضية وتخرج بمعدل مستمر بواسطة قادوس تفريغ

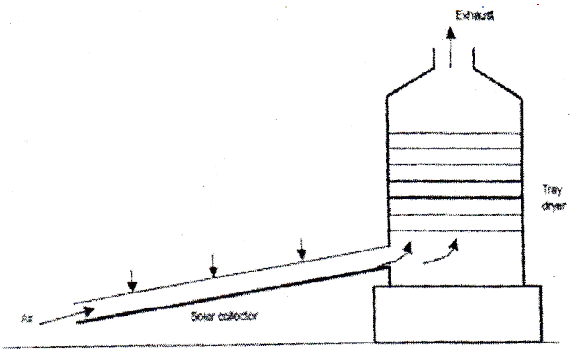
في أسفل الصومعة ويدفع الهواء من جوانب الصومعة ليتقاطع عرضياً مع الحبوب فيعمل على تجفيفها، وقد يصل ارتفاع الصومعة إلى 18م. ولا تستخدم هذه الكوارات في تجفيف الحبوب فقط ولكنها يمكن أن تستخدم في مصانع الأغذية كمجفف ثانوي لاستكمال تجفيف بعض الأغذية والمنتجات الأخرى والتي تجفف أولاً في مجفف رئيسي لمحتوى رطوبي وسطي في مدة قصيرة ثم يستكمل تجفيفها في الكوارات تجفيف بطيء على درجات حرارة متوسطة إلى المحتوى الرطوبي النهائي المطلوب.

- قمائن التجفيف : Kiln driers :

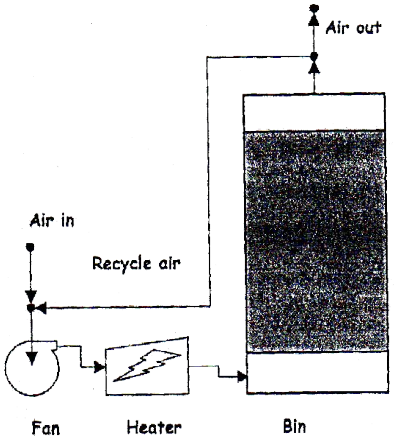
تتكون هذه المجففات (شكل 6-6) من حجرة رأسية ذات طابقين : الطابق السفلي يوجد به فرن التسخين أو مجموعة أنابيب البخار التي تقوم بتسخين الهواء الملامس لها بينما يوجد في الطابق العلوي المادة الغذائية المطلوب تجفيفها موضوعة في طبقة بسمك 20سم والأرضية بين الطابقين مثقبة تسمح بمرور الهواء الساخن إلى أعلى ليتلامس مع المادة الغذائية المطلوب تجفيفها كما أن الطابق العلوي مزود بماسورة رأسية في المنتصف ومروحة في أعلى الماسورة لسحب الهواء وتستخدم هذه المجففات في تجفيف شرائح التفاح وفي تجفيف المولت المخصص لصناعة المشروبات ويستخدم أحياناً حرق أخشاب معينة مع الهواء لتعطي حبوب المولت طعماً ونكهة خاصة ويجب تقليب المادة الغذائية من حين لآخر أثناء التجفيف.

- مجففات المقصورات Cabinet driers :

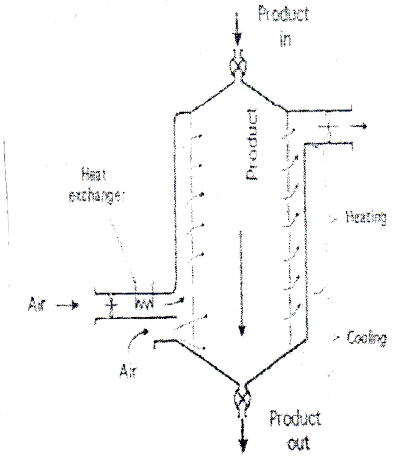
يتكون هذا النوع كما هو موضح بالشكل(6-7) من حجرة معزولة عزلاً حرارياً جيداً مزودة بباب لدخول وخروج عربات التجفيف ، والحجرة مقسمة من الداخل بسقف وسطي (ميزانين) إلى جزئين : جزء علوي لإعداد وتسخين الهواء والجزء السفلي مخصص للتجفيف. ويوجد بالجزء العلوي فتحة لدخول الهواء الجوي ومروحة لسحب ودفع الهواء ومسحن لتسخين الهواء بحيث يتم دفع الهواء المسخن إلى الغرفة السفلية حيث يمر الهواء الساخن أفقياً على صواني المادة الغذائية المطلوب تجفيفها والمحملة على عربة يمكن دفعها على عجل . ويخرج الهواء العادم من فتحة علوية أخرى مزودة بقناة داخلية يمكن التحكم في فتحتها بواسطة سقاطة للتحكم في كمية الهواء العادم التي تخرج من المجفف والكمية التي يمكن إعادة تدويرها داخل الكابينة. وتبلغ سرعة مرور الهواء داخل المجفف من 0.5 – 5 م / ث بينما يجب أن لا يزيد سمك الطبقة الغذائية في



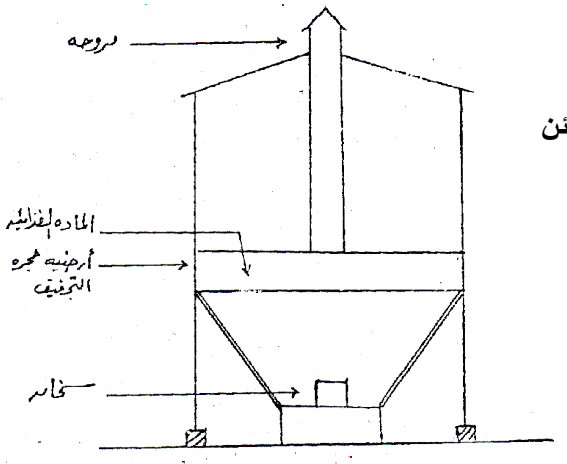
شكل (6-4): نموذج مبسط للمجفف يعمل بالطاقة الشمسية



شكل (6-5-أ): صومعة تجفيف بنظام الدفعات



شكل (6-5-ب): صومعة تجفيف مستمر ذات جدران مثقبة



شكل (6-6): نموذج مبسط لمجففات القمائن Kiln drier

صواني التجفيف عن 6 سم . ويمكن وضع مسخنات إضافية بين طبقات الصواني لإعادة تسخين الهواء والإسراع من معدل التجفيف. وتنحصر مصادر الحرارة المستخدمة لتسخين الهواء في هذا النوع من المجففات في ملفات التسخين بالبخار أو الكهرباء. وتستخدم مجففات المقصورات في تجفيف الخضر والفاكهة على نطاق إنتاجي محدود ورغم انخفاض تكاليفها الإنشائية إلا أنها تتميز بارتفاع تكاليف التشغيل نظراً لكبر مسطح جدرانها بالنسبة لسعتها الإنتاجية الفعلية ومتطلبات الصيانة، كما أنه من الصعب التحكم في الجودة المطلوبة للمنتج النهائي المجفف. ويوجد منها حديثاً نظام متطور يعمل على إحلال الصواني العلوية بالصواني السفلية (تحريك الصواني لأعلى وأسفل) لضمان تجانس عملية التجفيف.

- أنفاق التجفيف Tunnel driers :

تتكون هذه المجففات من نفق طويل ضيق معزول عزلاً حرارياً جيداً ومزود بنظم لسحب ودفع وتسخين الهواء. وتتحرك المادة الغذائية المطلوب تجفيفها داخل النفق محمولة على وسيلة حركة مناسبة ويتم تمرير الهواء الساخن إما بالتوازي مع حركة سير المادة الغذائية أو عكسياً لاتجاهها. ويمكن تقسيم هذه الأنواع من أنفاق التجفيف طبقاً لطريقة تحريك المادة الغذائية داخل النفق إلى نوعين: -

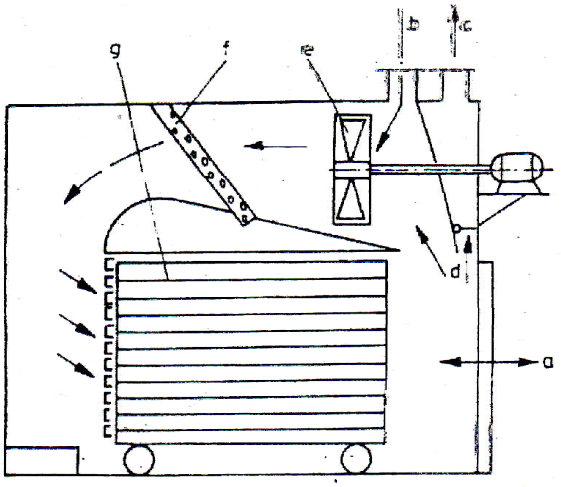
- أنفاق التجفيف ذات العربات :

وتكون وسيلة تحريك المادة الغذائية داخل النفق هي العربات (شكل 6-8) المحمل عليها صواني التجفيف وتربط العربات على مسافات مع بعضها عادة بواسطة جنازير وتتحرك العربات على قضبان حديدية في أرضية النفق. ويقسم النفق من الداخل بواسطة سقف وسطي (ميزانين) إلى غرفتين : غرفة علوية لسحب وتسخين ودفع الهواء الساخن وغرفة سفلية مخصصة لمرور عربات التجفيف . وتمر العربات داخل النفق في اتجاه واحد دائماً أما الهواء الساخن فيمكن تمرير بالتوازي مع سير العربات ويسمى " نفق تجفيف متوازي " أو بعكس اتجاه سير العربات ويسمى "نفق تجفيف عكسي " وهناك نظام يجمع بين الاثنين وتتوقف طريقة تشغيل النفق بالتوازي أو عكسي حسب نوع المادة الغذائية المطلوب تجفيفها فمعظم الخضروات تجفف بالتوازي بينما يتم تجفيف الفاكهة بالنظام العكسي لمرور الهواء . ويوجد بالنفق بابين في بداية النفق لدخول العربات المحملة بالمادة الطازجة وفي نهاية النفق لخروج العربات بعد التجفيف ويعمل النفق بطريقة مستمرة بحيث يدخل عدد من عربات المادة الطازجة مساوياً لعدد عربات المواد المجففة الخارجة من النفق باستمرار ويسخن الهواء بواسطة ملفات بخار أو بسخانات كهربائية ، ويبلغ

طول النفق عادة 20م ويحتوي بالداخل على 12 – 15 عربة وكل عربة (ترولي) تحمل عادة 50 صينية وتبلغ مدة التجفيف داخل النفق حوالي 6 ساعات.
وتصنع صواني التجفيف من الخشب الجاف أو من الصلب المقوى طولها 90سم وعرضها 60 سم ولها براويز من الجانب الطولي فقط بارتفاع 5سم بينما يترك الطرفين الآخرين مسطحين لتسهيل مرور الهواء أثناء التجفيف وعند رص الصواني على العربات يجب ترك مسافة من 2 – 3 سم بين رصات الصواني لتسهيل مرور الهواء وتحمل كل صينية من 4 – 7 كجم من المواد الغذائية المقطعة المعدة للتجفيف.

– أنفاق التجفيف ذات السيور:

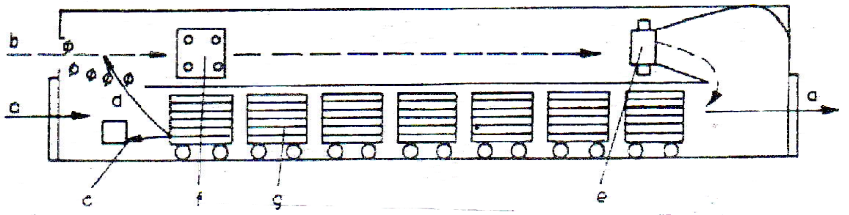
وتكون وسيلة تحريك المادة الغذائية داخل النفق هي السيور المثقبة بدلاً من العربات وقد يحتوي النفق على سير واحد (شكل 6–9) أو على عدة سيور شبكية (شكل 6–10) وفيه يدفع الهواء الساخن من أعلى إلى أسفل (مجفف نفق ذو سير مفرد) أو من أسفل إلى أعلى (مجفف نفق متعدد السيور) . وتتحرك السيور بحركة اهتزازية محملة بالمادة الغذائية مما يعرض كل أجزاء المادة الغذائية للهواء الساخن وتتم عملية التجفيف في وقت قصير. وتستخدم أحياناً حواجز مرنة مصنوعة من المطاط تركب على مسافات داخل النفق لتنظيم حركة مرور الهواء (من أعلى لأسفل في منطقة ومن أسفل لأعلى في منطقة أخرى على طول السير) وذلك للتحكم في معدلات التجفيف. وقد أمكن تجفيف الخضر خلال ساعة واحدة في هذا النوع من المجففات وأثناء سقوط المادة الغذائية من سير لآخر (في المجفف متعدد السيور) يتم تقليب المادة الغذائية ذاتياً مما يساعد على انتظام عملية التجفيف وقد توضع مسخنات إضافية بين السيور لرفع درجة حرارة الهواء.
وتستخدم هذه المجففات عادة وبنجاح كبير في إتمام تجفيف الزبيب (المجفف جزئياً من قبل) ولكنها لا تصلح لتجفيف البصل وشرائح الفاكهة الهشة لالتصاقها بسطح السير. ويبلغ طول السير حوالي 20م وعرضه 3م وسرعته 0.1 – 0.6 م / ث (حيث أن كل سير يتحرك بموتور منفصل) ويبلغ سمك طبقة المادة الغذائية من 5 إلى 15سم . وتتميز مجففات السيور بإمكانية التحكم في ظروف التجفيف وبكفائتها الإنتاجية العالية .
وقد يستخدم المجفف المفرد السير في تجفيف بعض السوائل والشوربات الغذائية بطريقة الرغوة (Foam mat) حيث يتم خلط السائل المطلوب تجفيفه مع مادة

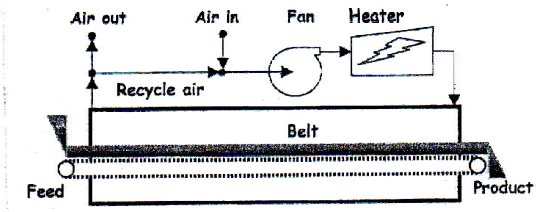


شكل (6-7): كا بينة تجفيف

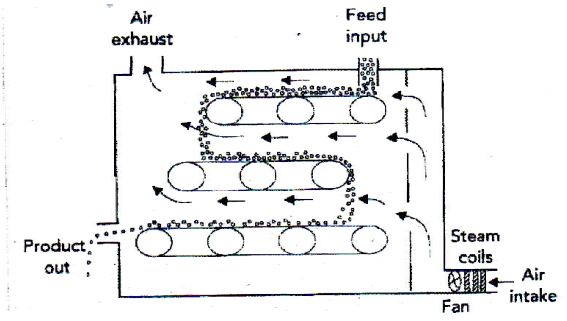
a دخول و خروج المادة الغذائية
b هواء جوي طازج
c هواء عادم خارج من المجفف
d صمام تحكم في خروج الهواء
e مروحة
f مسخن
g عربة محملة بالصواني

شكل (6-8): مجفف نفق ذو عربات





شكل (6-9): مجفف نفق ذو سير واحد طوالي



شكل (6-10): مجفف نفق متعدد السيور

مكسبة للرغوة (مثل الألبومين) وضرب المخلوط جيداً لتكوين طبقة رغوية تفرد على السير المثقف بسمك 3مم ويتم دفع الهواء الساخن من أسفل السير فيمر من الثقوب خلال المادة الغذائية الرغوية ويعمل على تجفيفها وتقطيعها إلى قطع صغيرة وهي على السير ويتم التجفيف بسرعة وفائدة الرغوة هو زيادة الأسطح المعروضة للتجفيف وتمتاز العصائر والشوربات المجففة بهذه الطريقة بسهولة ذوبانها وسرعة استرجاعها .

- المجفف ذو الطبقة المثارة Fluid bed drier :

يتكون هذا الجهاز كما هو موضح بالشكل رقم (6-11) من أرضية معدنية مثقبة ومثبتة داخل غلاف اسطواني الشكل ويتم دفع هواء ساخن بواسطة مراوح من أسفل الأرضية المثقبة إلى أعلى بسرعة كافية تسمح بحمل ورفع طبقة المادة الغذائية الموجودة من على الأرضية المثقبة لمسافة بسيطة جداً (1 – 2سم) بحيث تعلق قطع المادة الغذائية في تيار الهواء وتحاط أسطحها من جميع الاتجاهات بالهواء الساخن وتتباعد الجزيئات عن بعضها ويتمدد حجم الطبقة ويجب التحكم الجيد في سرعة الهواء بحيث لا تسمح برسوب قطع المادة الغذائية على الأرضية المثقبة ولا برفعها إلى مسافة أعلى أكثر من اللازم حتى لا تتطاير المادة الغذائية خارج جهاز التجفيف مع تيار الهواء الخارج من المجفف، لذلك يسمى هذا المجفف باسم مجفف الطبقة المثارة أو مجفف الطبقة الطيارة. ويبلغ سمك طبقة المادة الغذائية على الأرضية المثقبة حوالي 15سم . ويعمل الجهاز بطريقة مستمرة بدون الاستعانة بوسائل إضافية لتحريك ونقل المادة الغذائية حيث يتم تغذية الجهاز بالمادة الطازجة من أحد الأطراف فتتساقط المادة الطازجة أولاً على أرضية الجهاز ثم تبدأ في التجفيف وتقل كثافتها بالتالي فترتفع إلى أعلى وكلما تقدمت في عملية التجفيف قلت كثافتها أكثر وبالتالي ترتفع لمسافة أعلى إلى أن تسقط في النهاية من فتحة الخروج وهي جافة تماماً. ويزود الجهاز بوسيلة لفصل الغبار والقطع الخفيفة من تيار الهواء العادم الخارج من جهاز حول التجفيف وتستغرق مدة التجفيف أقل من نصف ساعة ويستخدم الجهاز لتجفيف قطع البطاطس والقلقاس والبامية والفاصوليا والبسلة ولكن لا يصلح لتجفيف القطع الكبيرة الحجم من الأغذية .

- المجفف الدوار Rotary drier :

يتكون هذا الجهاز كما هو موضح بالشكل رقم (6-12) من أسطوانة معدنية يبلغ طولها من 6 إلى 20م وقطرها من 1.5 إلى 3 م وتدور ببطء محورها بواسطة موتور ومجموعة تروس مثبتة على المحيط الخارجي للأسطوانة.

يتم تحريك المادة الطازجة المطلوب تجفيفها عن طريق ميل الاسطوانة لأسفل بحوالي 5 – 10° وبواسطة الزعانف الداخلية المثبتة بطول الاسطوانة على

محيطها الداخلي . يتم تغذية الاسطوانة بالمادة الطازجة من أحد الأطراف فتنزلق ببطء بسبب ميل الاسطوانة ويتم تقليبها باستمرار بتأثير الزعانف الداخلية التي تمنع الانزلاق السريع للمادة الطازجة داخل الاسطوانة ويتم التجفيف بواسطة الهواء الساخن سواء عن طريق الإشعال المباشر لمواد الوقود (في حالة استخدام المجفف لتجفيف مخلفات التصنيع) أو عن طريق التسخين غير المباشر للهواء بتمريره على ملفات بخار للتسخين. ونظراً لأن المادة الطازجة عند انزلاقها داخل الاسطوانة تكون طبقة رقيقة حول المحيط الداخلي لها فإن المساحة السطحية المعرضة للتجفيف تكون كبيرة جداً بحيث يمثل هذا النوع من المجففات أعلى معدل للتجفيف وبأقل مدة تجفيف للمادة الطازجة وتبلغ سرعة الهواء داخل المجفف من 0.5 – 2.5 م / ث وتخرج المادة المجففة في نهاية الأسطوانة بينما يخرج الهواء العادم في النهاية ويمرر على وسيلة فصل لحجز الشوائب والمواد الصلبة المتطايرة قبل خروجه إلى الوسط المحيط. ويستعمل هذا الجهاز كثيراً في تجفيف المواد المحتوية على نسبة عالية جداً من الرطوبة مثل مخلفات التصنيع ومواد العلف الأخضر.

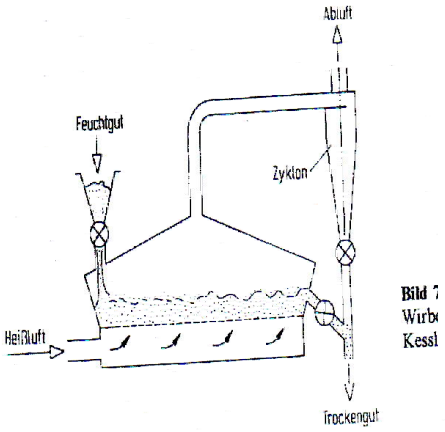
– مجففات الرذاذ Spray driers :

يستخدم هذا النظام لتجفيف السوائل الغذائية مثل الألبان والعصائر والقهوة الذائبة ومسحوق البيض ويتكون هذا الجهاز من عدة أجزاء كما هو موضح بالشكل رقم (6–13) وهى :

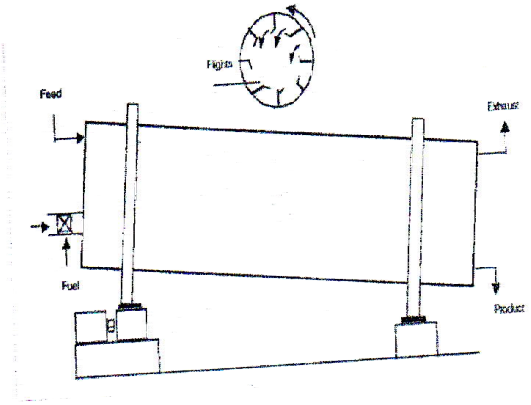
أ – غرفة التجفيف وهي عبارة عن اسطوانة معدنية بلغ ارتفاعها 30م وقطرها 10م وتنتهي من أسفل بقاع منحدر ويتم التجفيف الفعلي داخل غرفة التجفيف.

ب– نظام لدفع وتسخين وترذيذ السائل وهو يتكون من تنك (خزان) جانبي لتزويد المجفف بالسائل المطلوب تجفيفه ومضخة لدفع السائل إلى ماسورة في المنتصف العلوي لغرفة المجفف وتنتهي داخل حيز المجفف بوسيلة لترذيذ السائل على هيئة قطرات ، وهذه الوسيلة إما أن تكون رشاش (بخاخ) يعمل على تجزئة السائل إلي قطرات ودفعها داخل جسم اسطوانة التجفيف أو تكون على هيئة قرص له محيط خارجي مثقب ويدور القرص بسرعة بحيث يدفع قطرات السائل من الفتحات الجانبية للقرص .

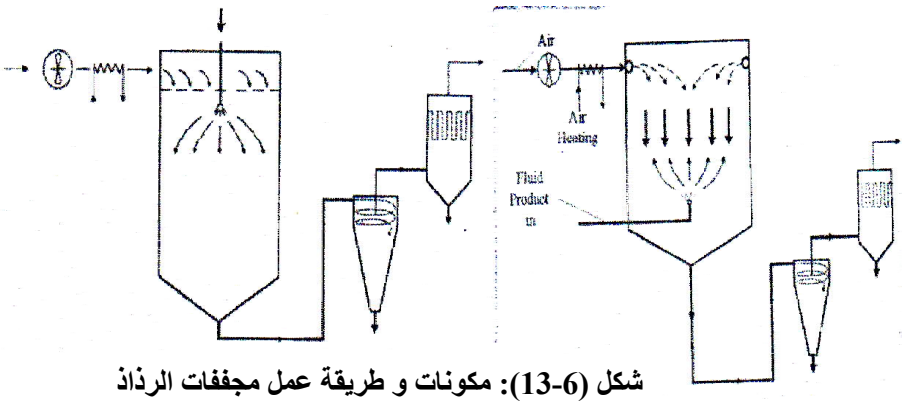
جـ– نظام لتسخين ودفع الهواء إلى داخل غرفة التجفيف ويتكون من مروحة ومسخن ومواسير لنقل ودفع الهواء الساخن إلى داخل المجفف.



شكل (6-11):
المجفف ذو الطبقة
المثارة



شكل (6-12): المجفف الدوار(مع قطاع داخلي لأسطوانة المجفف)



شكل (6-13): مكونات و طريقة عمل مجففات الرذاذ

د – نظام لنقل كل من مخلوط الهواء ومسحوق المادة الغذائية إلى خارج غرفة التجفيف وفصل كل من المسحوق والهواء وتجميع المسحوق ويتكون من أنبوبة متصلة بالقاع المخروطي لغرفة التجفيف تنقل مخلوط الهواء والمسحوق إلى وحدة فصل ثم تدفع الهواء إلى مرشح لتنقيته من الشوائب العالقة.

وتبنى نظرية التجفيف باستخدام هذا الجهاز على أساس أن الهواء الساخن المدفوع إلى غرفة التجفيف يتلامس مع قطرات السائل منذ لحظة خروجها من جهاز الترذيذ ويعمل على تجفيفها قبل أن تتلامس القطرات مع الجدار الداخلي لغرفة التجفيف حتى لا تلتصق بالجدار، لذلك يستخدم هواء ساخن جداً تصل درجة حرارته إلى 180 –300 ᵒم ويكون متوسط قطر جزيئه السائل عند خروجها من الرشاش 250 ميكرومتر فتجف القطرة بسرعة وتسقط ككرة مجوفة جافة في قاع الجهاز وتكون مدة التجفيف من 5 إلى 30 ثانية حسب حجم القطرة.

وقد يكون مرور الهواء الساخن داخل غرفة التجفيف موازياً لمرور السائل أو عكسياً كما هو موضح بالشكل رقم (6–13) وبعد فصل المسحوق يمكن أن يتم طحنه وتعبئته في عبوات خاصة أو يمكن أن يتم إجراء عملية تحبيب له (تكبير حجم جزيئات المسحوق) بواسطة عملية تكميلية لعملية التجفيف بالرذاذ. ويلاحظ أن درجة حرارة المادة الغذائية أثناء عملية التجفيف لا تزيد عن 50 ᵒم رغم ارتفاع درجة حرارة الهواء المستخدم إلى 200 ᵒم وينصح بتركيز المحاليل الغذائية أولاً قبل التجفيف بالرذاذ للإقتصاد في استهلاك الطاقة ويتم ذلك بالتركيز باستخدام أجهزة التبخير الثنائية أو الثلاثية المراحل إلى أن يصل تركيز المادة الصلبة بالمحلول إلى 20% على الأقل ثم يستكمل التجفيف في مجففات الرذاذ.

– أنواع أخرى من المجففات ذات الهواء الساخن:

هناك بعض أنواع أخرى من أجهزة التجفيف التي تستخدم الهواء الساخن (التسخين غير المباشر) في تسخين وتجفيف المادة الغذائية ولكنها غير شائعة الاستخدام حتى الآن في التصنيع الغذائي ونذكر منها مايلي : –

أ – المجفف الطارد المركزي Centrifugal drier

ب – مجفف التمدد الفجائي Explosin puffing drier

ج– المجفف التوربيني Turbo drier

د – المجفف النوماتيكي Pneumatic (Flash)

ويمكن الرجوع إلى المراجع المتخصصة لمعرفة تركيب وطريقة عمل هذه المجففات.

2/2/3/6/6 أجهزة التجفيف الصناعي بالتلامس الحراري المباشر:–

في هذا النوع من أجهزة التجفيف لا يستخدم الهواء الساخن كوسيلة لنقل الحرارة إلى المادة الغذائية ونقل الرطوبة منها ولكن يتم تبخير الرطوبة من المادة الغذائية بالتسخين المباشر بالتوصيل بينها وبين أسطح معدنية ساخنة أو أن يتم نزع الرطوبة بمعزل تام عن الهواء . وفيما يلي بعض الأمثلة لهذه المجففات.

- مجفف الأسطوانات Drum drier :

يتكون هذا النوع من المجففات من اسطوانة واحدة أو من أسطوانتان متجاورتان تدور كل منهما في اتجاه عكس الأخرى كما هو موضح بالشكل (6-14) . وتصنع هذه الاسطوانات من صلب لا يصدأ وطولها 3 – 4 م وقطرها 2 – 3م . ويسخن سطح الاسطوانة بواسطة بخار يتم توصيله عن طريق ماسورة مثقبة موجودة في منتصف الاسطوانة من الداخل وتدفع البخار إلى السطح الداخلي للاسطوانة والذي يسخن إلى درجة حرارة 160 – 180 ᵒم حسب ضغط البخار المستخدم في التسخين. وتدور الاسطوانة بسرعة بطيئة (من 1-10 دورة / دقيقة) مغمورة جزئياً في حوض يحتوي على المادة الغذائية السائلة المطلوب تجفيفها، وأثناء دورانها تلتصق طبقة رقيقة من السائل بسطح الاسطوانة ويتحدد سمك هذه الطبقة بواسطة المسافة المتروكة بين أسطوانة التجفيف الرئيسية واسطوانة أخرى صغيرة تسمى المنظم " Adaptor" موجودة على سطح السائل في الحوض، وأثناء دوران الاسطوانة يكتسب شريط السائل الحرارة اللازمة لتبخير الرطوبة بالتوصيل الحراري المباشر بين سطح الاسطوانة والمادة الغذائية وقبل أن تستكمل الاسطوانة دورة كاملة يجف شريط المادة الغذائية ويتم كشطه من على الاسطوانة بواسطة سكين كاشط مثبت عند موضع نقطة نهاية التجفيف، وتزود الغرفة أو الصالة الموجود بها الجهاز بمروحة لشفط البخار الناتج بعيداً عن الاسطوانة وتتوقف مدة التجفيف على سرعة دوران الاسطوانة ودرجة حرارتها وسمك طبقة المادة الغذائية، وفي حالة استخدام اسطوانتين يتم التغذية بالسائل من أعلى وتتحكم المسافة بين الاسطوانتين في سمك شريط المادة الغذائية وتبلغ طاقة التبخير (طرد الرطوبة) لهذا النوع من المجففات من 20 – 40 كجم رطوبة / م^2 من السطح . ساعة وتمتاز مجففات الاسطوانات بكفاءتها الحرارية العالية مقارنة بالمجففات الأخرى ذات الهواء الساخن، ويمكن أن تعمل مكشوفة تحت الضغط الجوي العادية أو في غرفة يمكن تفريغها من الهواء والبخار لتعمل الاسطوانات تحت تفريغ. وتستخدم لتجفيف السوائل الغذائية مثل الألبان والعصائر المركزة وبيوريه البطاطس وشوربات الخضر والبقوليات.

- التجفيف تحت تفريغ Vacuum dehydration :

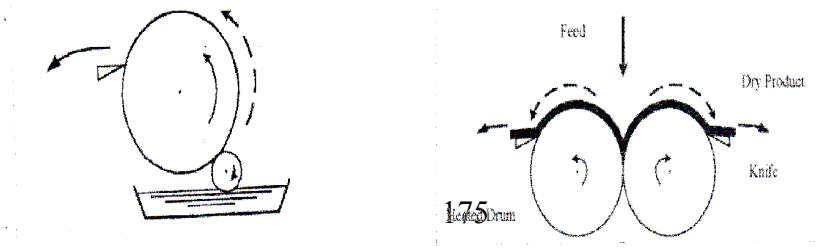
تؤدي عملية تجفيف الأغذية تحت تفريغ إلى الحصول على منتج مجفف ذو جودة مرتفعة ولكن تكاليف الإنتاج تعتبر عالية بالمقارنة بطرق التجفيف العادية. ويمكن التحكم في كل من درجة الحرارة وسرعة التبخير (سرعة التجفيف) داخل المجفف عن طريق التحكم في مقدار التفريغ (خلخلة وطرد الهواء والبخار من حيز التجفيف) المستخدم.

والنموذج الابتدائي لهذا النوع من الأجهزة هو مجففات التفريغ ذات الأرفف Vacuum shelf drier والتي تتكون من حجرة مزودة بأرفف مثقبة توضع عليها المواد الغذائية الطازجة والسطح السفلي لهذه الأرفف مزود بوسيلة تسخين مناسبة، وعند قفل الغرفة يتم إحداث تفريغ وتشغيل التسخين فيتم طرد الرطوبة من المادة الغذائية على درجة حرارة منخفضة لا تزيد عن 30 ْم . ونظراً لأن هذا النوع من الأجهزة يعمل على دفعات فقد تم تطويره إلى جهاز التجفيف المستمر تحت تفريغ كما هو موضح بالشكل (6-15) ويتحرك داخل غرفة التفريغ عدد اثنين من السيور يتم تحميلهما بالمواد الغذائية الطازجة وخروج المادة المجففة يكون عن طريق وصلات خاصة للمحافظة على حالة التفريغ وتوجد وسيلة تسخين تحت سطح كل سير لطرد الرطوبة من المادة الغذائية، ويتكون نظام التفريغ اللازم للفرن (كما هو موضح بالشكل 6-15) من غرفة الفرن (1) ، جهاز لفصل الشوائب (2) ومكثف بارد لفصل وتكثيف بخار الماء(3) ومضخة تفريغ (4) لشفط مخلوط الهواء والبخار من الفرن وتوصيلة محكمة لدخول (5) وخروج (6) المادة الطازجة والمجففة من غرفة التجفيف وآلة تبريد (7) موصلة بالمكثف البارد. وتستخدم هذه الطريقة لتجفيف الخضر والفاكهة والعصائر ذات الجودة العالية وكذلك عيش الغراب والقهوة والشاي سريع الذوبان.

- التجفيف من الحالة المجمدة (التجفيد) Freeze drying

التجفيد هي العملية التي يتم خلالها إزالة الرطوبة من المادة الغذائية المجمدة بالتحول مباشرة من الحالة الصلبة (ثلج) إلى الحالة الغازية (بخار ماء) دون المرور بالحالة السائلة وتعرف هذه العملية بالتسامي. ويمكن إحداث التسامي بتجميد المادة الغذائية أولاً ثم توضع في غرفة مغلقة يتم تفريغها تماماً ثم تسخن المادة المجمدة تحت هذه الظروف فيتحول الثلج مباشرة إلى بخار ماء دون أن ترتفع درجة حرارة المادة المجمدة ذاتها أثناء حدوث التسامي.

ويمكن توضيح الأساس العلمي لهذه الطريقة بالنظر إلى حالات الاتزان لصور



شكل (6-14): مجفف اسطوانات (ذو اسطوانة واحدة أو اسطوانتين)

الماء الثلاثة (صلب – سائل – غاز) تحت ظروف مختلفة من الضغط ودرجة الحرارة كما هو موضح بالشكل (6–16) فنجد أنه عند درجة حرارة صفر ْم وضغط جوي 4.6 مم/ زئبق (النقطة الثلاثة Triple point) يوجد الماء في صوره الثلاثة . ويتضح أن حالة التسامي تحدث فقط عندما يكون الضغط ودرجة الحرارة أقل مما هو عند النقطة الثلاثية.

وترجع الجودة العالية للأغذية المجفدة إلى عدم حدوث تغير في تركيب المادة الغذائية أثناء التخلص من الرطوبة (عملية التسامي) وبالتالي لا تتعرض لظاهرة الانكماش Shrinkage وتتميز بالقوام الإسفنجي وهذا يؤدي إلى سرعة تشرب المادة للماء عند الرغبة في استعادة الشكل الأصلي بالنقع. هذا علاوة على استخدام درجات حرارة منخفضة في التجفيد فتعمل على الحفاظ على مركبات النكهة والطعم والفيتامينات. وبالتالي فإن الأغذية المجفدة تفوق مثيلتها المجففة من حيث الطعم والنكهة واللون والمظهر والقيمة الغذائية. ويوضح الشكل رقم (6–17) نموذجاً لجهاز التجفيد " Freeze drier " والذي يتكون من غرفة محكمة العزل بها أرفف مزدوجة الجدران لوضع المادة الغذائية المجمدة ونظام تفريغ . وعند وصول قيمة التفريغ إلى أقل من 4.6 ملم زئبق يتم دفع ماء ساخن خلال الأرفف المزدوجة الجدران فيتم تزويد المادة الغذائية المجمدة بالطاقة الحرارية اللازمة لتبخير الثلج.

والفرق بين جهاز التجفيد وجهاز التجفيف تحت تفريغ يتلخص فيما يلي: –

1–كلاهما يعمل تحت ظروف تفريغ ولكن جهاز التجفيد يحتاج إلى تفريغ شبه كامل أكبر مما يحتاجه جهاز التجفيف تحت تفريغ.

2–جهاز التجفيد يعمل على تجفيف الغذاء السابق تجميده بينما جهاز التجفيف بالتفريغ يعمل على الأغذية الطازجة دون حاجة إلى تجميد.

3–درجات الحرارة المستخدمة في جهاز التجفيد أقل من المستخدمة في جهاز التجفيف بالتفريغ مما يرفع من جودة الأغذية المجفدة.

– بعض أجهزة التجفيف الأخرى بالتسخين المباشر:–

يوجد بعض الأجهزة الحديثة التي تعمل بنظام التجفيف بالتسخين المباشر ولكنها لم تستخدم حتى الآن على نطاق تجاري واسع ونذكر منها هنا:

1–أجهزة التجفيف المسخنة بالميكروويف والعزل الكهربائي.

2–أجهزة التجفيف المسخنة بالأشعة تحت الحمراء.

3–أجهزة التجفيف الأرجوحية التي تعمل تحت تفريغ.

4–أجهزة التجفيف التي تعمل بالموجات الصوتية.

5–أجهزة التجفيف الأسموزي.

ويمكن الاستعانة بالمراجع المتخصصة لمعرفة تركيب وطريقة عمل ومجال استخدامات هذه المجففات.

4/6 تعبئة وتخزين الأغذية المجففة :

يتم تعبأة الأغذية المجففة في عبوات بلاستيكية مرنة أو عبوات خشبية أو عبوات من الصفيح وتعبأ المواد المجففة داخل هذه العبوات بعد نزع الهواء (الأكسجين) وإحلال غاز خامل مثل النتروجين أو ثاني أكسيد الكربون لمنع التغيرات الغير مرغوبة أثناء التخزين. ويشترط في العبوات المستخدمة أن تكون غير منفذة للرطوبة أو الهواء ومقاومة للإصابات الحشرية ومحكمة الغلق والقفل ويجب أن لا يزيد مقدار الأكسجين المتبقي داخل العبوة عن 2% وقد يوضع ثاني أكسيد الكربون على هيئة ثلج جاف داخل العبوات يتسامى وينتج غاز ثاني أكسيد الكربون. وأحياناً تعبأ وتخزن المساحيق الغذائية المجففة بعد تشكيلها بالكبس والضغط على هيئة قوالب أو أقراص أو أصبعيات حيث يسهل تعبئتها وتخزينها وتداولها ويتوقف ذلك على الخواص الفيزيائية للمسحوق المجفف ومدى قابليته للتهشم أو التماسك. وعادة يفضل تخزين الأغذية المجففة في مخازن على درجات حرارة ورطوبة نسبية منخفضة.

وينحصر الفساد الذي يلحق بالأغذية المجففة أثناء التخزين إلى ما يلي:-

1-الإصابة بالحشرات ويتغلب على ذلك بتبخير المخزن بالمواد المصرح بها.

2-الإصابة بالكائنات الحية الدقيقة وخصوصاً الفاكهة المجففة ويمكن تفادي هذه الإصابة بالعناية بخطوة الكبرتة وخفض الرطوبة النسبية لجو المخزن والتأكد من سلامة العبوات.

3-التغير غير المرغوب في لون الأغذية المجففة ويتم التغلب على ذلك بالتعبئة في جو من غاز خامل وخفض نسبة الأكسجين بجو العبوة لأقل من 2%.

ويمكن تخزين الأغذية المجففة لمدة عام بدون تلف بشرط أن يكون المحتوى الرطوبي النهائي أقل من 10% والتعبئة في جو من غاز خامل والتخزين على درجة حرارة لا تزيد عن 20°م ويمكن أن تزداد مدة الصلاحية إلى عامين إذا انخفض المحتوى الرطوبي النهائي عن 7% مع مراعاة الشروط الأخرى. أما إذا زادت درجة حرارة التخزين إلى 30 °م فإن مدة الصلاحية يمكن أن تصل إلى عام إذا كان المحتوى الرطوبي النهائي للمادة المجففة أقل من 8 % مع مراعاة الشروط الأخرى ولإطالة مدة الصلاحية إلى عامين على 30°م فيجب أن لا يزيد المحتوى الرطوبي النهائي للمادة المجففة عن 3%.

7/6 التغيرات المصاحبة لعملية التجفيف:

أ - الانكماش وفقد القدرة على التشرب :

shrinkage and incomplete rehydration :

تتميز الأنسجة النباتية والحيوانية بصلابة وتمساك خلاياها بتأثير محتوياتها

الداخلية من السوائل التي تمارس ضغطاً من الداخل على جدران الخلايا وتجعلها صلبة مطاطية. وعند تعرض هذه الأغذية للتجفيف يحدث تغير في التركيب النسيجي مما يجعل هذه الأنسجة غير قادرة على استرجاع شكلها ومطاطيتها الطبيعية عند نقعها في الماء. والسبب في الانكماش في حجم الخلايا وتغير التركيب النسجي للمنتجات الجافة هو تبلور السكريات العديدة مثل السليلوز والهيمى سليلوز واللجنين وتجلتن النشا في الخلايا النباتية وتجمع ودنترة بروتين العضلات (وخصوصاً الأكتوميسين) في الخلايا الحيوانية بالإضافة إلى التفاعلات التي يمكن أن تحدث بين البروتين والدهون والكربوهيدرات بفعل انخفاض الرطوبة ودرجات الحرارة العالية. وتحدث عملية الانكماش بدرجات متفاوتة حسب ظروف وطريقة إجراء عملية التجفيف. وقد يصاحب عملية الانكماش تشقق أو تحطيم في الأنسجة مما يؤدي إلى إعطاء منتج ذو مواصفات جودة منخفضة.

ب- التلون باللون البني : Browning :

وهي من أهم التغيرات المصاحبة لعملية التجفيف ويعزي هذا اللون البني إلى حدوث تفاعل بين السكريات المختزلة والأحماض الأمينية ويسمى بتفاعل ميلارد (Maillard reaction) مكونة مواد بنية مثل الميلانين Melanins والميلانويدين Melanoidins والسرعة التي يتكون بها اللون البني تزداد بارتفاع درجة حرارة التجفيف، وأقصى سرعة لهذا التفاعل هي عندما يكون المحتوى الرطوبي للمادة الغذائية أثناء التجفيف 15% وتقل سرعته عندما تكون الرطوبة أعلى أو أقل من ذلك.

ونظراً لأن محتوى رطوبي 15% يقع في مرحلة التجفيف البطيء (المرحلة الثانية من التجفيف) فإنه ينصح للتغلب على عملية التلون البني في الأغذية المجففة إتخاذ الإجراءات التالية:

1-العناية بإجراء عملية الكبرتة قبل وأثناء عملية التجفيف كما سبق شرحه.

2-إنهاء عملية التجفيف عندما تصل المادة الغذائية إلى نسبة 15% رطوبة واستكمال عملية التجفيف في مجففات الكوارة Bin driers أو في مجففات السيور Belt driers على درجة حرارة منخفضة ومدة أطول حتى تصل المادة الغذائية إلى المحتوى الرطوبي النهائي المطلوب.

جـ- تصلب السطح : Case hardening :

يحدث تصلب للطبقة الخارجية للمادة الغذائية واحتراقها أثناء التجفيف مع بقاء الجزء الداخلي محتفظاً برطوبته مما يعرضها للتلف بالكائنات الحية أثناء التخزين. وتحدث هذه الظاهرة عندما يكون معدل التجفيف في المرحلة الأولى سريعاً جداً ثم يتحول إلى معدل بطيء جداً في المرحلة الثانية وذلك لزيادة سرعة التبخر من على السطح بمعدل أكبر من معدل سرعة انتقال الرطوبة من داخل الأنسجة في اتجاه

السطح ويمكن التحكم في ذلك بضبط درجة حرارة الهواء ورطوبته النسبية في كل من المرحلة الأولى والثانية لعملية التجفيف.

تذكر

1- التجفيف هو خفض المحتوى الرطوبى إلى 5% في الخضر، 18-24 % في الفاكهة لإيقاف أو تثبيط نحو الأحياء الدقيقة و النشاط الإنزيمي في الغذاء.

2- مزايا التجفيف هي: الاحتفاظ بالمادة الغذائية لأطول فترة ممكنة و تقليل الوزن. و عيوب التجفيف هي:فقد بعض المواد الطيارة و مواد النكهة وفقد في المحتوى الفيتامينى و تغير اللون.

3- أهم المصطلحات الخاصة بعملية التجفيف هي المحتوى الرطوبى للمادة الغذائية على أساس وزن رطب(m) و على أساس وزن جاف(M) و نسبة التجفيف و الرطوبة المطلقة للهواء (X) و الرطوبة النسبية للهواء (RH).

4- تشمل المبادئ الأولية لتجفيف المواد الغذائية ثلاثة اعتبارات هي:-

أ- تثبيط و وقف العوامل الحيوية مثل العوامل الكيميائية (الإنزيمات المؤكسدة) و العوامل الطبيعية (التأثير الميكانيكي و الحيوي لعملية التجفيف على الخلية النباتية) و العوامل الميكروبية (خفض المحتوى الرطوبى إلى الحد الذي يمنع التلف الميكروبي و التحلل أثناء التخزين).

ب-ملائمة درجة الحرارة التجفيف للتركيب الكيميائي و الطبيعي للمواد الغذائية حيث تقع الدرجات المستعملة في التجفيف بين 50 م إلى 90 م ، حتى لا تتعرض المادة الغذائية للتلف الميكروبي أو الجفاف السطحي.

ت- تنظيم حركة الهواء الساخن المستخدم في التجفيف و تشمل التحكم في كل من درجة حرارة الهواء و رطوبته النسبية و سرعة الهواء داخل المجفف.

5- تمر ميكانيكية تجفيف المواد الغذائية بمرحلتين هما:-

أ- مرحلة التجفيف بمعدل ثابت في بداية عملية التجفيف و تستمر من المحتوى الرطوبي الإبتدائى إلى المحتوى الرطوبى الحرج و هي فترة قصيرة نسبيا للخضرو غير متواجدة تقريبا للفاكهة

ب- مرحلة التجفيف بمعدل متناقص و تستمر من المحتوى الرطوبى الحرج حتى المحتوى الرطوبى النهائى و يكون معدل خروج الرطوبة أثنائها من المادة الغذائية منخفض جدا و ينعدم تماما فى نهاية هذه المرحلة.

6- يعتبر التجفيف الصناعى للأغذية من أكبر العمليات الحرارية المستهلكة للطاقة حث يحتاج طرد 1 كجم رطوبة من المادة الغذائية الى طاقة حرارية تتراوح بين

750 إلى 1400 كيلوكالورى (أى من 2 إلى 3 كجم بخار حى لتسخين الهواء اللازم للتجفيف)، و يمكن تقليل الطاقة اللازمة إما بكبس المادة الغذائية الطازجة لفصل الرطوبة منها و استخدام أجهزة التبخير (المبخرات) لتركيز هذا السائل ثم إضافته مرة أخرى للمادة الصلبة أو باستخدام طريقة التجفيف الأسموزى كوسيلة مساعدة لعملية التجفيف الحرارى باستخدام الهواء الساخن.

7- تشمل خطوات إعداد و تجهيز المواد الغذائية للتجفيف كل من: انتخاب الأصناف المناسبة و الحصاد فى الوقت المناسب عند النضج و الغسيل و الفرز و التدريج و التقشير و التجزئة و التقطيع و السلق للخضر لتثبيط الإنزيمات و الغمر فى المحاليل القلوية للفاكهة لإزالة الطبقة الشمعية من على سطح الثمرة و الكبرتة للفاكهة للمحافظة على لونها وعلى محتواها الفيتاميني

8- يمكن إجراء التجفيف بطريقة التجفيف الشمسى المباشر بنشر الثمار بعد تجهيزها تحت أشعة الشمس لمدة كافية من الوقت لطرد أكبر قدر من الرطوبة و قد تتعرض المادة الغذائية للتخمر و كرملة السكر أو تغير فى اللون أو التلوث بالأتربة و الحشرات، كما يمكن تطوير هذه الطريقة باستخدام مجففات تجميع الطاقة الشمسية و التى تتكون من وحدة (مجمع) الطاقة الشمسية لتسخين الهواء، كابينة بسيطة لوضع صوانى المادة الغذائية المطلوب تجفيفها و لكن هذه الطريقة تعتبر ناجحة فقط عند تجفيف كميات صغيرة من الأغذية.

9-تستخدم اجهزة التجفيف الصناعيمصادر لتوليد الطاقة الحرارية لتسخين المواد الغذائية المطلوب تجفيفها و يمتاز عن التجفيف الشمسى بارتفاع درجة جودة الأغذية المجففة واحتياجها لمساحة أقل و إنتظام عملية التجفيف و سهولة التحكم فيها. و تعرف سعة المجفف بأنها كمية الرطوبة المتبخرة من المادة الغذائية داخل المجفف لكل 1 م^2 من أسطح المادة الغذائية فى الساعة الواحدة و تتراوح بين 1 إلى 50 كجم بخار ماء/ م^2 .ساعة حسب نوع المجفف.كما تقسم أجهزة التجفيف الصناعى طبقا لطريقة تسخين المادة الغذائية إلى: مجففات تستخدم الهواء الساخن و مجففات تستخدم التلامس المباشر بالأسطح الساخنة.

10- تشمل أجهزة التجفيف الصناعى باستخدام الهواء الساخن كل من:
صوامع التجفيف و التى تستخدم عادة لتجفيف الحبوب، قمائن التجفيف و التى تستخدم عادة لتجفيف المولت (الشعير المنبت) و شرائح التفاح، مجففات المقصورات (كبائن التجفيف) التى تستخدم لتجفيف الخضر و الفاكهة واللحوم والأسماك على دفعات و بكميات صغيرة، انفاق التجفيف التى تستخدم للتجفيف المستمر للخضر و الفاكهة و منها أنفاق التجفيف ذات العربات و أنفاق التجفيف ذات السيور، و المجفف ذو الطبقة المثارة و الذى يستخدم لتجفيف الثمار و الخضر المقطعة فى وقت قصير و يعمل بطريقة مستمرة بدون وسيلة

نقل ميكانيكية داخلية، المجفف الدوار الذى يستخدم هواء أو غازات اشتعال ساخنة جدا لتجفيف مخلفات التصنيع و بعض الأعلاف الخضراء، و مجففات الرذاذ التى تستخدم لتجفيف السوائل الغذائية مثل اللبن و مسحوق البيض.

11- تشمل أجهزة التجفيف الصناعى بالتلامس الحرارى المباشر كل من مجففات الأسطوانات سواء باستخدام أسطوانة واحدة أو أسطوانتين و التى تستخدم لتجفيف الأغذية السائلة اللزجة مثل مساحيق أغذية الأطفال و الشوربات و قد تعمل تحت الضغط الجوى العادى أو تحت تفريغ، كذلك مجففات التفريغ و أجهزة التجفيف التى تستخدم لتجفيف الأغذيةالمجمدة طبقا لنظرية التسامى.

12- يتم تعبأة الأغذية المجففة فى عبوات بلاستيكية مرنة أو عبوات من الصفيح و يستحسن تعبئتها فى وجود غاز خامل مثل النتروجين لمنع تأكسد الدهون و الفيتامينات و الألوان الطبيعية و منع الإصابة بالحشرات.

13- تشمل التغيرات المصاحبة للتجفيف ما بلى:-

أ- الإنكماش فى الحجم ب- التلون باللون البني

ج- جفاف و تصلب الطبقة السطحية للأغذية المجففة.

الباب السابع

مضافات الأغذية Food Additives

تعريف المواد المضافة :

فى عام 1956 اجتمع بعض المتخصصين من منظمة الأغذية و الزراعة بالإشتراك مع مندوبين من منظمة الصحة العالمية فى روما وذلك لبحث الاسس العامة التى تحكم إستخدامات المواد المضافة فى صناعة الاغذية ولقد قاموا بوضع تعريف للمواد المضافة للأغذية . بأنها عبارة عن مواد غير غذائية تضاف للأغذية بكميات صغيرة بقصد تحسين خواصها من ناحية المظهر و النكهة و التركيب و المحافظة على هذه الخواص خلال التخزين . ويلاحظ أن هذا التعريف لا يشمل المواد التى تضاف للأغذية بقصد تدعيم قيمتها الغذائية مثل الفيتامينات والأملاح المعدنية .وتعرف المواد المضافة طبقاً للقانون الامريكى . بإنها أى مادة يؤدى إضافتها الى الغذاء خلال عمليات إعداده وتجهيزه أثناء التصنيع الى تحسين صفاته وخواصه .

أن لمعظم الدول الصناعية مواصفات وقوائم بالمواد المضافة للمنتجات الغذائية ،وهذه المواصفات تراجع وتقيم دورياً من خلال التجارب المعملية لمعرفة التأثير الفسيولوجى والدوائى لهذه المواد على حيوانات التجارب.حيث يتم ذلك بتغذية الحيوانات بجرعات متباينة ، ثم ملاحظة ظهور أى أعراض مرضية عليها مع مرور الوقت ،و كذلك ملاحظة تأثيرها على النمو والشهية والأعراض الإكلينكية وتأثيرها على الدم ونتائج البول وتأثيرها على الخلايا والأنسجة .

إن التقدم التكنولوجى أدى إلى تقدم اختبارات السلامة لتشمل اختبارات معملية على الأنسجة الحية للتأكد من عدم وجود أى آثار على الجسم ،و كذلك أمكن تتبع المواد الكيميائية من وقت امتصاصها فى الأمعاء إلى خروجها وكيفية أيضها (تمثيلها) فى الجسم . وتشمل التجارب على الأقل جيلين من حيوانات التجارب .

1/7 أهمية استخدام المواد المضافة للأغذية :

1-تستخدم لإطالة مدة الحفظ للأغذية وتقليل الفقد الناتج خلال التخزين وأثناء عمليات النقل المختلفة .

2-تستخدم كعامل مضاد للأحياء الدقيقة وكعامل مضاد للأكسدة .

3-تحسين صفات وخواص المنتجات الغذائية المصنعة والعمل على سرعة إعدادها وتجهيزها للتصنيع .

4-توفير كثير من الجهد والوقت خلال عمليات التصنيع .

5-إمكانية تدعيم الأغذية المصنعة ورفع قيمتها الغذائية .
6-الحصول على منتج غذائى مرغوب فيه للمستهلك وذلك لا يتأتى إلا بمراعاة الشروط الاتية:
أ- القيمة الغذائية للمنتج المصنع بعد عمليات الإضافات المختلفة .
ب-مدى القابلية للحفظ .
ج-مدى قابلية المنتج المصنع للإستهلاك ووضعه فى صورة تجذب المستهلك .

الاستخدامات غير المرغوبة للمواد المضافة :-

لا يسمح باستخدام المواد المضافة فى الأغذية فى الحالات الأتية :
1-إخفاء بعض العيوب فى عمليات الاعداد و التجهيز و التصنيع للأغذية .
2-خداع المستهلك .
3-خفض القيمة الغذائية للمنتج المصنع .
4-وجود تأثير ضار أو سام على المستهلك .
5-عدم النص على استخدامها فى التشريعات الغذائية .

الشروط الواجب توافرها فى المواد المضافة الكيماوية للأغذية :-

1. أن تكون غير ضارة بالصحة تحت أى ظرف من الظروف .
2. لا تخفى صفات غير مرغوبة فى الأغذية أو فى المواد الخام المستخدمة فى تصنيع بعض المنتجات .
3. فعلها أكيد فى الغرض الذى تستعمل من أجله .
4. ذات كفاءة عالية فى فعلها وتأثيرها .
5. يمكن تقديرها فى الغذاء كيماوياً ووصفياً .
6. الا تتحلل فى الجسم وينتج عن هذا التحلل مركبات ذات أثر سام .
7. الا تكون مسببة لأى نوع من الالتهابات أو الحساسية أو الهياج .
8. أن تمثل فى الجسم دون أى أثر ضار جانبى أو ثانوى كما يمكن تتبع تمثيلها وتقدير مخلفات العمليات الحيوية التى تدخل فيها بالجسم .
9. الا تعطل الانزيمات الهاضمة عن فعلها .
10 . يجب أن تكون عديمة التأثير بدرجات الحرارة المرتفعة .

2/7 تقسيم المواد المضافة للمنتجات الغذائية:

1-المواد الحافظة :

وهذه المواد تعمل على حفظ الطعام لفترة أطول دون تلف ،و من الأمثلة التقليدية لهذه المواد : السكر ، والملح (ملح الطعام) ، و الخل كما أن لبعض المواد القدرة على منع أو تثبيط نشاط ونمو الميكروبات ، وهذه المواد تضاف بكميات قليلة للغذاء وتعتمد فى إضافتها على نوعية الغذاء وطريقة صنعه ، كذلك على الميكروب الذى يحدث التلف .

2-مضادات الأكسدة :

تعمل هذه المواد على منع أو تأخير فترة التغيرات الكيميائية التى تحدث نتيجة تفاعل الأكسجين مع الزيوت أو الدهون وكذلك الفيتامينات الذائبة فى الدهون والتى تؤدى إلى التزنخ. والتزنخ يفسد الطعام ويجعله مضراً بصحة الإنسان . كما أن مضادات الأكسدة تمنع تأكسد وتحافظ على جودة الفاكهة المجمدة .

3-عوامل الاستحلاب والرغوة والمواد المثبتة والمغلظة للقوام :

عوامل الاستحلاب تعمل على مزج مواد لا يمكن مزجها معاً مثل الزيت والماء ،وتمنع المواد المثبتة فصل إحدهما عن الآخر . أما المواد التى تساعد على الرغوة فتعمل على مزج الغازات مع السوائل كما فى المشروبات الغازية ، وكذلك فإن المواد المغلظة للقوام التى تستعمل فى تصنيع الكيكات و الحلويات والأيس كريم تزيد من الحجم وتحسن القوام و المظهر .

4-المواد المبيضة :

فالدقيق (الطحين) حديث الطحن – مثلاً – يميل لونه إلى الصفرة ومع طول مدة التخزين ينضج ويتحول ببطء إلى اللون الأبيض . ولبعض المواد الكيميائية خاصية زيادة سرعة التبيض و المساعدة على النضج فى وقت أقل مما يوفر نفقات التخزين ويجنب كذلك المخزون من خطورة الإصابة بالحشرات و القوارض. كما تضاف هذه المواد الى العجائن للغرض نفسه كذلك في إنتاج أنواع حلوى السكر .

5-المواد الحمضية و القلوية و المحاليل المنظمة :

تعتبر درجة الحموضة عاملاً مهماً فى صناعة وإعداد كثير من الأطعمة، فالأس الهيدروجينى pH قد يؤثر على لون الغذاء أو قوامه أو رائحته ، ولذلك فإن المحافظة على درجة الحموضة ضرورية فى إنتاج بعض هذه الأغذية .

6-المواد المعطرة :

توجد مواد كثيرة سواء أكانت طبيعية أم مصنعة تستعمل كمواد معطرة فى صناعة الغذاء . وتضاف هذه المواد – عادة – بتركيز مخفض جداً قد يصل إلى أجزاء من المليون .

7-المواد الملونة :

وتستعمل المواد الطبيعية أو المصنعة بكثرة فى صناعة الغذاء فعندما يختفى اللون الطبيعى للمنتج الغذائى أثناء التحضير فإن مصانع الأغذية تضيف مادة ملونة وغالباً ما تكون هذه المادة طبيعية . والمواد الملونة تجعل الطعام أكثر جاذبية وتزيد من إقبال المستهلك عليه . أما بالنسبة لأغذية الأطفال فالمجاز استخدامه من المواد الملونة ثلاثة أنواع مصدرها جميعاً من الفيتامينات .

8-المواد المحلية :

قد تضاف مواد تحلية اصطناعية كالسكارين والاسبرتام بكثرة كبدائل للسكر العادى لامتيازهما بانخفاض السعرات الحرارية وعدم تأثيرها على تسوس الأسنان .

9-مضافات أخرى :

قد تكون عبارة عن مواد تتحد مع بعض العناصر بحيث تجعلها غير فعالة أو قد تضاف مواد أخرى لحفظ الرطوبة أو مواد لحفظ جفاف المستحضر (لمنع الرطوبة) أو قد تضاف مواد للمحافظة على اللون .

ان المواد التى تضاف إلى المنتج الغذائى فى أى مرحلة من مراحل تحضيره قد يكون لها أسم علمى طويل ومعقد ، أو قد يختلف أسمها من بلد لآخر أو قد يكون الأسم العلمى أو التجارى لا يهم الغالبية العظمى من المستهلكين ، هذا بالإضافة إلى أن الدول الأوربية عملت على توحيد الأنظمة و القوانين بينها ، ولذلك فقد أتفق المختصون فى دول الاتحاد الأوربى على توحيد أسماء المواد المضافة للمنتجات الغذائية ، والمجازة لسهولة التعرف عليها سواء أكانت هذه المواد المضافة مواداً طبيعية (من حيوان أو نبات) أم مواداً صناعية وذلك بوضع حرف (E) ثم يتبعها أرقام معينة تدل على المادة المضافة المجازة من جميع دول الاتحاد الأوربى . وبمعنى آخر فإن وجود أى مادة مضافة سواء أكانت طبيعية أم صناعية ورمز لها بالحرف (E) ثم تبع بأرقام يدل على أن جميع دول الاتحاد الأوربى تعتبر هذه المادة المضافة سالمة، وآمنة تماماً لإضافتها للأطعمة .

وتنقسم مضافات الأغذية إلى :-

1-الملونة : وقد رمز لها بالحرف (E) يتبعها الأرقام من 100 إلى 199 .

2-المواد الحافظة : وقد رمز لها بالحرف (E) يتبعها الأرقام من 200 إلى 299 .

3–مضادات الأكسدة : وقد رمز لها بالحرف (E) يتبعها الأرقام من 300 إلى 399 .

4–المواد المستحلبة و المثبتة : وقد رمز لها بالحرف (E) يتبعها الأرقام من 400 إلى 499.

أما باقى المواد المضافة مثل المواد المحلية ، و المواد المعطرة ، والمواد المحدثة للرغوة ،و غيرها من المواد المضافة الأخرى فيعمل المجتمع العلمى فى دول الاتحاد الأروبى حالياً فى الإعداد لتوحيدها ، حتى تجيزها جميع هذه الدول فهذه المواد والتى لم يرمز لها بالحرف (E) تنظم فى إجازتها حالياً حسب نظام كل دولة فى دول الاتحاد الأوربى .

أما بالنسبة إلى النشرات و المقالات التى تحذر من الحرف (E) وتوزع ، وتكتب من غير المتخصصين بعلوم الغذاء ، والتغذية وصحة الإنسان ، والتى تفيد بوجود مواد سامة ، ومواد محدثة للسرطان ، أو مواد خطرة تدخل فى تركيب الكثير من الأطعمة الجاهزة ، والمعلبة والتى تستهلكها يومياً فهذه نشرات ليس لها أى أساس من الصحة ، وغير مبنية على أساس علمى . حيث أن وجود الحرف (E) يدل على إجازة هذه المادة المضافة من جميع دول الاتحاد الأروبى لسلامتها ، وإضفاتها دون إحداث آثار سلبية عند تركيزات الاستخدام المتفق عليها لكل مادة مضافة ، والذى يمثل التركيز الذى يتناوله الفرد يومياً طول حياته دون إضرار بصحة الإنسان (المتناول اليومى المقبول)

Accepable daily intake (ADI).

3/7 أمثلة لبعض المواد المضافة للأغذية :–

التوابل (البهارات) Spices

البهارات هى أى نوع من أجزاء النبات ذات رائحة وطعم حريفين تستخدم بكميات قليلة أو صغيرة جداً لزيادة أو تغير أو تغطية مذاق الأطعمة. وهى تشمل الأصناف الحقيقة مثل الفلفل الحلو و القرفة والقرنفل و الزنجبيل وجوزة الطيب ومسحوق قشور جوزة الطيب و الفلفل (الفلفل الأحمر الحار– فلفل بلدى) ، وبذور التوابل مثل اليانسون و الكراوية والكرفس والكزبرة والكمون والشبت والشمر والخردل والخشخاش والسمسم والحشائش أو البهارات الورقية مثل الغار والشبت والنعناع والريحان والبقدونس وحصا البان والقويسة وزعتر البر والزعتر المعروف ، والمستخلصات مثل النعناع البستانى والمزيج أو المخاليط مثل بودرة الشطة وبهارات الدواجن ، والبودرة المجففة للبصل وللثوم ومخاليط البهارات وغير البهارات مثل سكر القرفة وملح البصل والثوم .

ليس لكل التوابل تأثير ضار بالكائنات الحية الدقيقة . فمن المعروف أن الفلفل ليس له تأثير فعال ضد البكتريا بينما يوجد للمستخلصات الزيتية لبعض التوابل تأثير حافظ وذلك مثال زيت القرفة وربما يرجع ذلك لوجود بعض المركبات لها خاصية المضادات الحيوية .

تنتج كل البهارات ، فيما عدا الثوم والخردل والبصل ، الرائحة و الطعم من زيوت متطايرة تحتوى جزئياتها على أما حلقات بنزين بسيطة فقط أو تركيبات حلقية داخلية مرتبطة بها سلاسل جانبية . أم البهار والذى فيه المركب الأصلى يحمل نواة عطرية فى الحقيقة لا يدين برائحته أو طعمه لأى مكون فى هذا البهار . فزيت القرنفل(Eugenol) والذى يعتبر بصفة عامة المادة الأصلية فى القرنفل يعتبر أيضاً المكون الأكبر فى الفلفل الحلو كما يوجد فى الغار أو أوراق الغار والبردقوش الحلو وبعض جوزة الطيب . بالرغم من أن
D-limonene والذى عادة ما يكون مصاحباً لزيوت الموالح الا أنه يوجد أيضاً فى الكراوية والكرفس والشبت والنعناع السنبلى والانيسون النجمى وهو لا يعتبر مادة رئيسية لأى بهار أو عشب . أن زيت الهيل والذى تم فصل ما به من مركبات يحتوى على 17 مركب لهم تأثيرات مختلفة على الطعم والرائحة .

البصل والثوم : Onion and Garlic

نشر Whitaker 1976 قائمة بـ 28 مركب كبريتى فى البصل الطازج تعتبر من المواد المسئولة عن الطعم والرائحة والأنشطة المضادة للبكتريا . يقوم أنزيم الـ alliinase بإفراز المواد القاتلة للجراثيم وهذه المواد المنفرده هى allicie والـ propene disulfide . وعصائر البصل والثوم الطازجة تقتل الـ *(E. coli)* : *Escherichia coli*، *B. sulbtilis* والـ *Saccharomyces cerevisiae* كما تثبط الـ *Lactobacilli* وكذلك الـ *Enterobacter aerogenes* .

ومن المعروف أيضاً أن مستخلص الكرنب له تأثير فعال يعيق من نشاط بعض أنواع البكتريا مثال *Bacillus, E.coli* ويوجد فى بعض النباتات مثل حشيشة الدينار مشابهات كيماوية للمضادات الحيوية . ولكن فعالية هذه المشابهات على الكائنات الدقيقة أقل بكثير من نظائرها .

فاتحات الشهية Condiments

الكاتشب والصلصات المتعلقة به : Catsup and Related Sauces

ان الكاتشب وصلصة الشطة (وصلصة ورسترشير وصلصة تباسكو) هى تركيبات عالية الحموضة تستعمل لاكتساب الطعم للحوم وتجهيزات اللحم وأطباق أخرى .

يصنع الكاتشب وصلصة الشطة من الطماطم ولكن الكاتشب قد تصنع أيضاً بالتفاح والتوت البرى والعنب والزبيب الرومى والاناناس و البرقوق . أما صلصة ورسترشير فهى مزيج من الخل وصلصة فول الصويا وتجهز صلصة تباسكو بالفلفل . تغلى كل أنواع الكاتشب وصلصة الشطة مع البهارات وتبخر الى التركيز المرغوب قبل أن تعبأ فى الزجاجات وهى ساخنة أما فى عبوات ساخنة أو باردة ثم تلحم ، وقد يحدث لها معاملة حرارية إضافية .

حالياً نادراً ما يتلف الكاتشب وصلصة الشطة . فى السنين القديمة كانت الأدوات الخشبية والحفظ الصحى البدائى والجو هى مصادر التلوث بالـ aerogenic and nonaerogenic lactobacilli وكذلك كانت السدادات الغير معقمة مسئولة عن التلوث . يغير النمو البكتيرى للمنتجات ويعطيهم طعم يوصف بأنه ماسخ أو لا طعم له . أحياناً تنتج الخمائر غازات وعند ازالة السدادة من على الزجاجة فان المكونات تفور الى الخارج . بعد فتح الأوعية فان الفطر وبدرجة نادرة جداً الخمائر تنمو على الصلصات لو انها تستخدم فى خلال أيام قليلة . عند خلط حامض الخليك والملح والسكر بتركيزات مناسبة فانها سوف تتحكم فى نمو الخمائر فى هذه المنتجات. لو تم استخدام حامض خليك 0.3% فان تركيزات السكر والملح المثبطة تكون 15% ، 3% على الترتيب بينما عند استخدام حامض خليك 0.4% فان نسب السكر والملح تكون على الترتيب يجب ان تكون 15% ، 2.9% أو10% ، 3.5% .

المايونيز و صلصة السلاطة : Mayonnaise and Salad Dressings

إن المايونيز وصلصة السلاطة هى مستحلبات من الزيت وعناصر قابلة للاستحلاب مثل البيض فى الماء والخل . عادة لا يتم تسخين العناصر الأصلية خلال التجهيز ، ولكن يتم الحفظ بواسطة التركيز العالي لحامض الخليك بالمشاركة مع الخواص المضافة للملح والسكر . فى حين تموت الخلايا الخضرية للبكتريا وعلى الرغم من ذلك فأن كلا من الجراثيم الهوائية والغير هوائية يمكن عزلها.

كان يعتقد فى بداية تسويق صلصة السلاطة أن الفساد يتم بواسطة البكتريا المكونة للجراثيم ألا أن ذلك يعتبر حالياً من الأراء غير المقبولة ميكروبيولوجياً وذلك لارتفاع حموضة المنتج وغالباً فإن الآسس الميكروبيولوجية كانت غير واضحة وطرق القياس غير حقيقية .

وحالياً فإنه من المعروف أن الفساد فى مثل هذه المنتجات يحدث بواسطة البكتريا عالية التحمل للحموضة مثل *Lactobacillus fructivorans* و الخميرة المتحملة للاسموزية العالية Osmophilic مثل *Saccharomyces bailli* ويلاحظ أن هذا النوع من الخمائر تخمر السكروز تخمر متأخر وكذلك لا يظهر الفساد الا بعد فترة طويلة من الانتاج .

فساد صلصة السلاطة يماثل فساد الأطعمة عالية الحموضة بعد فتح الوعاء حيث نمو الفطريات الا أن النمو يكون بطيئ ولا يكون ذلك واضحاً الا تحت ظروف حفظ لمدة طويلة على درجة حرارة غير ملائمة .

تعتبر تحضيرات المايونيز وصلصة السلاطة مثبطة لنمو الـ Salmonella والميكروبات العنقودية . وذلك طالما أن رقم الـ pH أقل من 4.6 .

السكر و الملح Sugar and Salts

للسكر و الملح تأثير مماثل فى فعلها الحافظ للأغذية حيث تقوم بخفض درجة النشاط المائى a_w ويؤدى ذلك إلى تأثير سلبى على الميكروبات .

إستعمل ملح الطعام (NaCl) من قديم الزمان فى حفظ الأغذية حيث يستخدم فى تحضير المحاليل الملحية brines ومحاليل التخليل ، ويضاف مباشرة للغذاء والتركيز المستخدم من ملح الطعام إما يقلل أو يمنع من نمو الميكروبات أو يكون كافى للسماح بحدوث التخمر الحامضى (التخمر اللاكتيكى) كما فى صناعة المخللات .

ويعزى قدرة ملح الطعام فى حفظ الأغذية إلى ما يلى :-

1-يزيد الضغط الأسموزى مسبباً بلزمة الخلايا الميكروبية .

2-يسبب تجفيف جزئى للغذاء و الخلايا الميكروبية ويحول ملح الطعام جزء من الماء الحر إلى ماء مرتبط .

3-تأين كلوريد الصوديوم مكوناً أيون الكلورين الضار للميكروبات .

4-يؤدى ملح الطعام إلى خفض معدل ذوبان الأكسجين فى الغذاء وبالتالى يقلل فرصة نمو الميكروبات الهوائية .

5-يتداخل كلوريد الصوديوم مع فعل الإنزيمات البروتينية Proteolytic Enzame للخلايا ويوقف نشاطها .

يستعمل السكر كمادة حافظة فى المربى والجيلى و المرملاد و الفاكهة المسكرة و الفاكهة المحفوظة والألبان المركزة المحلاة . ويلزم لضمان عدم فساد هذه الأغذية أن لا تقل نسبة السكر بها عن 65% ولا يمكن القول بأن هذا التركيز كافى لعدم وجود أحياء دقيقة بالغذاء بل أن بعض الأحياء الدقيقة يمكنها أن تظل

حية فى التركيزات المرتفعة من السكر ويطلق عليها Osmoduric بل أن بعضها يستطيع أن ينمو فى تلك التركيزات المرتفعة Osmophiles مثل *Saccharomyces rouxii* . ويرجع التأثر الحافظ للسكر إلى خفض نسبة الرطوبة الحرة ورفع تركيز المواد الصلبة الذائبة ويكون الضغط الأسموزى خارج الخلايا أعلى منه بداخلها ويحدث بلزمة للخلايا الميكروبية .

4/7 أمثلة لبعض المواد الحافظة الكيماوية :

1-حمض البنزويك Benzoic acid

الصورة الغير الذائبة لحمض البنزويك هى المادة الفعالة فى حفظ الغذاء، وبما أن هذا الحمض العضوى ضعيف التأين لذلك تستخدم أملاح الصوديوم له فى وسط حمض حتى يكون ذو أثر فعال فى الحفظ وعلى ذلك فإن حموضة الوسط عامل هام فى تحديد فعل المادة فخفض الحموضة من pH 7 إلى 3.5 يزيد من تأثير بنزوات الصوديوم فى الحفظ من 5-10 مرات وعادة تستخدم بنزوات الصوديوم بنسبة واحد فى الألف على صورة ملح الصوديوم وهذا الملح ليس له تأثير على رقم حموضة المادة الغذائية ويتفاوت فعل البنزوات على الكائنات الحية الدقيقة المختلفة وأثرها على الخمائر والفطريات أكثر من أثرها على البكتريا لذلك تستخدم فى حفظ الشراب كما يضاف إلى الثلج الذى يستخدم فى حفظ الأسماك . وزيادة تركيز حمض البنزويك فى المواد الغذائية يؤدى الى تغير فى الطعم يحسه المستهلك فى نهاية الحلق كما قد يكون هذا الطعم لاذعاً .

2-حمض الساليسيليك Salicilic acid

لا يستخدم هذا الحمض فى حفظ الأغذية ولكنه يدخل فى صناعة بعض مركبات التجميل واسترات هذا الحمض أكثر فعالية فى الحفظ عن الحمض الحر.

3-الأحماض الدهنية : Fatty acids

للأحماض الدهنية وأملاحها التى يتراوح تركيبها بين ذرة واحدة و 14 ذرة من الكربون فعل حافظ ضد نمو الفطريات و الخمائر وإذا أحتوت السلسلة الكربونية على رابطة غير مشبعة أزداد فعلها الحافظ بينما يقل الفعل الحافظ للأحماض الدهنية ذات السلاسل الجانبية فمثلاً حمض الكروتونيك Crotonic (ك يد$_3$ – ك يد – ك يد ك أأ يد) أكثر أثراً فى الحفظ عن حمض البيوترك Butyric acid (ك يد$_3$ – ك يد ك أأ يد) ومن المعروف أن الأحماض الدهنية القصيرة السلسلة الكربونية ذات رائحة نفاذة لذلك يجب الحذر عند اختيار هذه الأحماض فى حفظ الأغذية .

وتستخدم بروبيونات الصوديوم sodium propionate فى مقاومة عفن الخبز فى منتجات الخبيز كما يضاف حمض البروبيونيك إلى ملح الطعام فى بعض عمليات التخمر مثل التخليل . وبصفة عامة بروبيونات الصوديوم غير سامة و يتوقف مدى فعلها فى الحفظ على درجة الحرارة فكلما كانت درجة الحرارة منخفضة وعدد الكائنات الحية الدقيقة الملوثة للغذاء قليل كلما كان أثر هذه المادة على الميكروبات الحافظ كبيراً. واستعمال الأحماض الدهنية فى حفظ الأغذية ليس قاصراً على إضافته للغذاء فقط ، بل قد تضاف إلى المواد المغلفة(التعبئة والتغليف) . كما تستخدم بعض هذه الأحماض أيضاً فى صناعة الجبن وكذلك فى صناعة إستخلاص المولت .

وحمض السوربيك Sorbic acid (ك يد$_3$ – ك يد – ك يد – ك يد – ك يد أأ يد) من الأحماض الدهنيه غير المشبعة ذات الأثر الفعال ضد نمو الكائنات الحية الدقيقة . ويستخدم هذه الحمض بنسبة 0.1 – 0.2% فى صورة ملح الصوديوم حيث أن الحمض الحر غير قابل للذوبان فى الماء – ويستعمل هذا الحمض فى حفظ الشراب وبعض منتجات الخبيز وعجائن الفاكهة و المياه الغازية . فضلاً على إستعماله فى حفظ الأسماك المدخنة حيث تتعرض هذه الأسماك إلى نمو بعض الفطريات وخاصة فطر *Sporondonema opoison* وهذا الفطر حساس لحمض السوربيك وله كونديا داكنة اللون ويتحمل درجة عالية من تركيز ملح الطعام ويعرف هذا النوع من فساد الأسماك المدخنة بـ Gun .

4- المضادات الحيوية : Antibiotics

أجريت كثير من الأبحاث على استخدام المضادات الحيوية فى حفظ الأغذية وخاصة المضاد الحيوى الساتلين Subtilin والذى أمكن عزله من بكتريا *B.subtilis* وهو عبارة عن مركب عديد الببتيد polypeptide ولقد استخدمت المضادات الحيوية أساساً لخفض درجة الحرارة المستخدمة فى تعقيم المواد الغذائية ولقد تحقق ذلك بأن حلت البسترة محل تعقيم بعض الأغذية وبذلك أمكن المحافظة على مكونات الطعم والرائحة والنكهة فى الغذاء . ويوجد حالياً فى السوق العديد من المضادات الحيوية منها تتراسيكلين Tetracycline وأوريومايسين Auromycine وهو اسم تجارى للمركب الكيماوى كلوروتتراسكيلين ولقد استخدمت هذه المضادات الحيوية بنجاح فى حفظ الدواجن ومنتجاتها على أن لا يزيد تركيز هذه المركبات عن 7 جزء فى المليون وتغمس عادة الدواجن بعد إخلائها من الأحشاء فى محلول مائى من المضادات الحيوية ثم تغلف وتبرد . ولقد أدت هذه المعاملات على إطالة مدة حفظ الدواجن على درجات حرارة مرتفعة نوعاً إلى 4–6 أيام .

ويمتاز المضاد الحيوى كلوروتتراسيكلين بأنه يتحلل بالحرارة تماماً ولا يكون له أى تأثير كمضاد حيوى بعد الطبخ . وقد تضاف المضادات الحيوية إلى مواد التغليف وفى هذه الحالة يكون تأثيرها على الفطريات والخمائر و البكتريا التى لها نشاط على سطح مواد الغذاء.

ولقد استخدم فيتامين ك$_5$ (Vitamin K_5) كمضاد حيوى وخاصة لمقاومة البكتريا وهو ذو أثر فعال بتركيزات منخفضة 30–60 جزء فى المليون ولقد استخدم بنجاح فى صناعة النبيذ وبعض منتجات اللحوم وهو يتحمل الحرارة وتحدد القوانين استخدام المضادات الحيوية كمواد حافظة فى الكثير من الأغذية .

5–مضادات الأكسدة :Antioxidants

تعانى المواد الغذائية الدهنية أو التى تحتوى على نسبة عالية من الزيوت والدهون من تغيرات فى الطعم والرائحة تعرف بالتزنخ . وهذه التغيرات إما أن تنتج عن نشاط إنزيمى تحللى أو عن الأكسدة . وتتاثر اكسدة هذه المواد الغذائية بعوامل خارجية عديدة منها الضوء والهواء والحرارة ووجود المعادن و الرطوبة . ولذلك تستخدم بعض المركبات فى الحد من هذا الفساد الأوكسيدى باسم مضادات الأكسدة . ويعزى فعل هذه المركبات إلى أن كفائتها للارتباط بالأوكسجين أعلى من مكونات الغذاء .

وتوجد فى الطبيعة كثير من المركبات المضادة للأكسدة وذلك مثل فيتامين E توكوفيرولات Tocopherols ، ليسثين Licithis وحمض Nor-didroguaiaretic أو مركبات صناعية مثل Butylated hydroxytoluene (BHT) ، Propylgallate (PG)

Butylated hydroxyanisole (BHA) .

6-التدخين Smoking

الدخان هو ناتج احتراق أخشاب خاصة تحتوى على نسبة معينة من الرطوبة وعلى أن يتم حرق هذه الأخشاب ببطء .

يجرى التدخين على الأسماك واللحوم بغرض حفظها وإكسابها طعماً مرغوباً . ويحتوى دخان الخشب على مواد حافظة بعضها قاتل وبعضها مثبط للميكروبات أهمها الفورمالدهيد و الفينولات ويليها فى الأهمية الألدهيدات الأخرى وبعض الأحماض العضوية و الكحولات .

وهذه المواد الحافظة بالإضافة للحرارة الناتجة من التدخين (درجة حرارة التدخين تتراوح بين 43 – 71^{5}م لمدة من عدة ساعات إلى عدة أيام) و الجفاف الجزئى خاصة على سطح المواد المدخنة هى المسئولة عن حفظ الأغذية المدخنة . ويزداد التأثير القاتل للدخان على الميكروبات بزيادة كثافته وتكون أكثرها تأثراً البكتريا الخضرية أما الفطريات وجراثيم البكتريا فتكون أقل تأثراً . وقد يستخدم أحياناً الدخان السائل Liquid smoke وهو عبارة عن محلول من الكيماويات مشابهة فى تركيبه لتركيب دخان الخشب وتغمر فيه الأغذية ويستخدم أساساً لإكساب النكهة حيث أن تأثيره الحافظ ضعيف .

7-المركبات الطيارة Volatiles & Fumigants

تستعمل المركبات الكيماوية الطيارة مثل: – بروميد الميثايل (Methyl bromide) ، و Apoxides مثل:مركبات Ethylene and propylene oxides ، وكذلك مركبات propylene glyeol

وتستخدم هذه المركبات بصفة عامة فى معاملة المواد الغذائية التى توجد بكميات كبيرة وخاصة ذات الحساسية للمعاملات الحرارية مثال التوابل والشيكولاتة ومسحوق الكاكاو Cocoa powder .

مركبات الجليكول ذات تأثير مثبط لنشاط الفطريات إذا وجدت فى جو التخزين بتركيزات تتراوح بين 1–2 جزء فى المليون . ولذلك تعمل على إطالة فترة تخزين المواد الغذائية السريعة التلف . وتعتبر هذه الطريقة من الطرق المؤقتة للحفظ .

يعتبر غاز أكسيد الإيثيلين و البروبلين من الغازات التى تقتل العديد من الميكروبات . فأكسيد الإيثيلين يقتل جميع الميكروبات بينما أكسيد البروبلين يقتل العديد منها . وتستخدم هذه الغازات فى تعقيم مواد التغليف على درجة حرارة الغرفة . وتستخدم بنجاح فى حفظ الفواكه المجففة ، البيض المجفف ، الجيلاتين ، الحبوب ، الخميرة المجففة ، التوابل . ولقد قيدت FDA إستخدام أكسيد الإيثيلين

للتوابل فيما عدا مخلوط التوابل المحتوى على الملح . وأجيز إستخدام أكسيد البروبلين لتبخير مواد التعبئة للبرقوق وتبخير الصموغ و التوابل ، النشا، الكاكاو .

8-ثانى أكسيد الكبريت والسلفيت Sulfur dioxide and sulfites

ثانى أكسيد الكبريت (SO_2) وأملاح الصوديوم و البوتاسيوم للسلفيت ($=SO_3$) ، بيسلفت ($-HSO_3$) والميتاسلفيت ($=S_2O_3$) تكون حامض الكبريتوز فى الوسط المائى وهو من المركبات المضادة للميكروبات .وتزداد فعاليته فى الوسط الحامضى أو فى الأغذية ذات الـ pH المنخفض . ويعتقد أن تأثير الحامض على الخلايا الميكروبية راجع إلى أنه من المواد المختزلة القوية وبالتالى يقلل فرصة نمو الميكروبات الهوائية كما يثبط نمو الميكروبات نتيجة لتثبيطه للإنزيمات الأساسية فى الخلية خصوصاً إنزيمات التنفس .

ويستخدم كب أ$_2$و أملاح حامض الكبريتوز لحفظ الأغذية منذ زمن طويل وما زال يستخدم فى معاملة الكثير من الأغذية قبل تجفيفها فيما يعرف بالكبرتة . وحيث أن SO_2 أكثر فعالية ضد الفطريات يليها البكتريا وأقلها الخمائر فإنه يستعمل بكثرة فى معاملة الشراب وعصائر الفاكهة قبل تخميرها إلى مشروبات كحولية .

وبالإضافة إلى تأثير السلفيت كمادة مضادة للميكروبات فإنها تستخدم أيضاً لمنع التلون الإنزيمى وغير الإنزيمى فى بعض الأغذية .

ويستخدم الغاز أيضاً عند تجفيف الفاكهة للمحافظة على لونها وقيمتها الغذائية كما يمكن غمر الخضروات المراد تجفيفها فى محاليل أملاح الكبريت ويفضل إستعمال الغاز لحساسية الخضروات بصفة عامة إلى أى زيادة من تركيز الغاز .

9-النترات والنيتريت Nitrates and nitrites

تستخدم نترات الصوديوم ($NaNO_3$) ونيتريت الصوديوم ($NaNO_2$) فى المحاليل المستخدمة فى صناعة اللحوم حيث تحافظ على لون اللحوم وتثبط بعض ميكروبات الفساد و التسمم الغذائى . تتحلل أملاح النيتريت إلى حامض نيتريك الذى يتفاعل مع صبغات الهيم فى اللحم مكونة nitrosomyoglobin وهى من الصبغات الحمراء الثابتة . وفى حالة إستخدام أملاح النترات تختزل فى الأغذية إلى نيتريت صوديوم .

وقد يتفاعل النيتريت مع بعض الأمينات مكوناً nitrosamines وهى من المواد المسرطنة . ولذلك نصت التشريعات على إستخدام تركيزات محددة من أملاح النيتريت . وإستخدامها كمواد مضادة للميكروبات راجع لقدرتها على تثبيط

نمو الخلايا الخضرية ومنع تنبيت جراثيم الميكروبات المتبقية بعد المعاملة الحرارية .وتضاف عادة بنسبة 200 جزء فى المليون ويرجع تأثيرها إلى قدرتها على تغير جهد الأكسدة والإختزال بما لا يناسب نمو الأحياء الدقيقة اللاهوائية خاصة *Clostridium boyulinum* المسبب للتسمم الغذائى . ويزداد تأثيرها المضاد للميكروبات بإرتفاع حموضة اللحوم ونسبة الملح بها .

5/7 الكمية المسموح بإضافتها من المواد المضافة الكيماوية:

يجب أن تضاف المواد الكيماوية المسموح بها أو التى أوصت بها المنظمات العالمية حيث أن معظم المواد الكيماوية عبارة عن مواد سامة إذا استخدمت بتركيز أعلى من المسموح به .

وبصفة عامة قبل إستخدام المواد الحافظة فى الأغذية يجب أن يجرى دراسة شاملة على تركيبها الكيماوى ودرجة تأثيرها الحافظ والتغيرات التى تحدثها فى الغذاء . كما يجب قبل التصريح بإستخدامها أن يجرى تقييم بيولوجى لها على حيوانات التجارب (فئران – أرانب) وتحديد الجرعة التى تؤثر على الصحة العامة وتأثيرها على الجلد إذا حدث تلوث بها أو تأثيرها على الجهاز التنفسى إذا إستنشقت وبعد ذلك تحدد الجرعة المستخدمة بعد تجارب قد تستمر عدة سنوات .

ولابد من الإشارة بطريقة واضحة على الأغذية إذا كان يضاف إليها مواد كيماوية حافظة ونوعها وتركيزها . وهناك معامل للمراقبة على جودة الأغذية تقوم بتحليل الأغذية ومعرفة كمية المواد المضافة الكيماوية ونوعها .

تذكر أن :-

المـواد المضافـة : عبـارة عن مـواد غيـر غذائيـة تضـاف للأغذيـة بكميـات صـغيرة بقصد تحسين خواصها من ناحية المظهر و النكهة و التركيب و المحافظة على هذه الخواص خلال التخزين ..وتعرف المواد المضافة طبقاً للقانون الامريكى . بإنها أى مادة يؤدى إضافتها الى الغذاء خلال عمليات إعداده وتجهيزه أثناء التصنيع الى تحسين صفاته وخواصه .

أهمية استخدام المواد المضافة للأغذية :

1-تستخدم لإطالة مدة الحفظ للأغذية وتقليل الفقد الناتج خلال التخزين وأثناء عمليات النقل المختلفة .

2-تستخدم كعامل مضاد للأحياء الدقيقة وكعامل مضاد للأكسدة .

3-تحسين صفات وخواص المنتجات الغذائية المصنعة والعمل على سرعة إعدادها وتجهيزها للتصنيع .

4-توفير كثير من الجهد والوقت خلال عمليات التصنيع .

5-إمكانية تدعيم الأغذية المصنعة ورفع قيمتها الغذائية .

6-الحصول على منتج غذائى مرغوب فيه للمستهلك

الاستخدامات غير المرغوبة للمواد المضافة :-

لا يسمح باستخدام المواد المضافة فى الأغذية فى الحالات الأتية :

1-إخفاء بعض العيوب فى عمليات الاعداد و التجهيز و التصنيع للأغذية .

2-خداع المستهلك .

3-خفض القيمة الغذائية للمنتج المصنع .

4-وجود تأثير ضار أو سام على المستهلك .

5-عدم النص على استخدامها فى التشريعات الغذائية .

الشروط الواجب توافرها فى المواد المضافة الكيماوية للأغذية :-

1-أن تكون غير ضارة بالصحة تحت أى ظرف من الظروف .

2-لا تخفى صفات غير مرغوبة فى الأغذية أو فى المواد الخام المستخدمة فى تصنيع بعض المنتجات .

3-فعلها أكيد فى الغرض الذى تستعمل من أجله .

4-ذات كفاءة عالية فى فعلها وتأثيرها .

5-يمكن تقديرها فى الغذاء كيماوياً ووصفياً .

6-الا تتحلل فى الجسم وينتج عن هذا التحلل مركبات ذات أثر سام .

7-الا تكون مسببة لأى نوع من الالتهابات أو الحساسية أو الهياج .

8- أن تمثل فى الجسم دون أى أثر ضار جانبى أو ثانوى كما يمكن تتبع تمثيلها وتقدير مخلفات العمليات الحيوية التى تدخل فيها بالجسم .
9-الا تعطل الانزيمات الهاضمة عن فعلها .
10-يجب أن تكون عديمة التأثير بدرجات الحرارة المرتفعة .

تقسيم المواد المضافة للمنتجات الغذائية:

1-المواد الحافظة 2-مضادات الأكسدة 3-عوامل الاستحلاب والرغوة والمواد المثبتة والمغلظة للقوام 4-المواد المبيضة 5-المواد الحمضية و القلوية و المحاليل المنظمة 6-المواد المعطرة 7-المواد الملونة 8-المواد المحلية

التوابل (البهارات) ليس لكل التوابل تأثير ضار بالكائنات الحية الدقيقة .

البصل والثوم بـ 28 مركب كبريتى فى البصل الطازج تعتبر من المواد المسئولة عن الطعم والرائحة والأنشطة المضادة للبكتريا ..

ان الكاتشب وصلصة الشطة هى تركيبات عالية الحموضة تستعمل لاكتساب الطعم للحوم وتجهيزات اللحم وأطباق أخرى .

أن المايونيز وصلصة السلاطة هى مستحلبات من الزيت وعناصر قابلة للاستحلاب مثل البيض فى الماء والخل

للسكر و الملح تأثير مماثل فى فعلها الحافظ للأغذية حيث تقوم بخفض درجة النشاط المائى a_w ويؤدى ذلك إلى تأثير سلبى على الميكروبات .

أمثلة لبعض المواد الحافظة الكيماوية :

1-حمض البنزويك 2-حمض الساليسيليك 3-الأحماض الدهنية 4- المضادات الحيوية. 5-مضادات الأكسدة 6-التدخين 7-المركبات الطيارة 8-ثانى أكسيد الكبريت والسلفيت 9-النترات والنيتريت.

الباب الثامن
حفظ الأغذية بالتخليل

Pickling

صناعة التخليل قديمة استعملها الإنسان كوسيلة لحفظ الأغذية عن طريق إضافة ملح الطعام إليها على شكل محلول أو كملح جاف . وحفظت بها الخضروات والزيتون والسمك واللحوم .

إن طرق حفظ الأغذية كان أساسها أما القضاء على الكائنات الحية الدقيقة ومسببات الفساد الأخرى أو تغيير الوسط الذى يمكن أن تنمو فيه الميكروبات حتى يصبح غير صالح لنشاطها وتكاثرها . أما الحفظ بالتخمرات والتخليل فهو على نقيض من الطرق السابقة ففيه يستفاد من نمو وتكاثر الخمائر والبكتريا إلى الحد الذى تنتج فيه مواد تعمل على حفظ الغذاء من الفساد بالإضافة إلى ماما تكسبه من صفات مرغوبة فى الطعم والرائحة والنكهة. واغلب هذه الكائنات الحية الدقيقة تعمل على إنتاج كمية كبيرة من الأحماض ولذلك يصبح الوسط الغذائى غير ملائم لنمو الكائنات غير المرغوب فيها . وعمليات التخمر أما أن تكون غير هوائية تماماً أو غير هوائية جزئياً كما قد تكون فى بعض الحالات عملية هوائية .

ويجب أن نميز بين عمليات التخمر Fermentation و عمليات التعفن الرمي Putrefaction فالتخمر عبارة عن عملية تحلل للمواد الكربوهيدراتية وغالباً ما ينتج عنها غاز ثانى أكسيد الكربون ولا ينتج عنها روائح نتنة . بينما التحلل الرمي هو عبارة عن تحلل المواد البروتينية وقد ينتج عنها ثانى أكسيد الكربون ولكن قد يصحبها غازات أخرى ذات رائحة نفاذة مثال غاز كبريتور الأيدروجين وغازات المركابتان Mercaptans وإنتاج بعض المركبات وأحيانا السموم التى تضر بصحة الإنسان والناتجة عن بعض الميكروبات التى تفرز التوكسينات وكذلك المواد المسببة للحساسية عند بعض الأشخاص كما فى حالة تصنيع أو تمليح الأسماك وخاصة صناعة الفسيخ والذى يترك السمك فى الجو العادى لمدة تراوح ما بين 3 –4 أيام لحدوث التحلل ثم أجراء عملية التمليح لهذا النوع من الأسماك بعد حدوث هذه التغيرات وإعطاء الطعم والرائحة لهذه المنتجات وخاصة في بعض المناسبات والأعياد وهى من العادات الغذائية السيئة التى يجب التخلص منها .

وعموماً يتوقف نوع التخمير الذى يحدث على الاتى : –

1–نوع الكائنات الحية الدقيقة الموجودة .

2–نوع البيئة وتركيبهما .

3–درجة الحموضة أو الـ pH المناسبة .

4–وجود أو عدم وجود الهواء .

8/1 أنواع التخمرات :

يمكن تقسيم التخمرات بالنسبة إلى التغيرات التى تحدث فى السكريات بفعل الكائنات الحية الدقيقة الى الأتى :

1-أكسدة كاملة :

تعتبر البكتريا والفطريات من الكائنات الحية ذات الكفاءة العالية فى هدم المواد السكرية وخاصة الجلوكوز وتحويله إلى مركباته الأساسية اى ثانى أكسيد الكربون والماء . ولا توجد خمائر لها نفس كفاءة البكتريا والفطر .

2-أكسدة جزئية :

تتحول المواد السكرية فى هذه الحالة إلى حمض يتأكسد فى النهاية الى غاز ثانى أكسيد الكربون والماء وتوجد بعض الفطريات تستخدم فى إنتاج حمض الستريك من المحاليل السكرية .

3-تخمر كحولى :

وتعتبر الخمائر اكثر الكائنات الحية كفاءة فى تحويل المواد الكربوهيدراتية الى كحولات وذلك مثال خميرة *Saccharomyces ellipsoide* وجدير بالذكر هنا ان بعض البكتريا والفطريات لها القدرة على إنتاج الكحول ولكن ضمن خليط من مركبات أخرى مختلفة مثل الالدهيدات والأحماض والاسترات وعلى ذلك فان ما تنتجه هذه الكائنات الدقيقة ليس كحولا نقيا فضلا على عدم أمكان إنتاجه بصورة اقتصادية.

4-تخمر لاكتيكى :

وهو ذو أهمية كبيرة فى حفظ الأغذية بالتخليل وفيه يتحول سكر الغذاء الى حامض لاكتيك وبعض مركبات أخرى تتوقف كميتها على ظروف عملية التخمر وبالرغم من ذلك يمكن التحكم فى عملية التخمر حتى يسود فيها إنتاج حامض اللاكتيك .

5-التخمر البيوتيرى :

يقوم بهذا التخمر كائنات حية دقيقة ينتج عن نشاطها غير الهوائى مواد ذات طعم ورائحة غير مرغوبة . ولذلك تصبح هذه الكائنات غير ذات قيمة فى حفظ الغذاء واغلب الميكروبات التى تصيب الإنسان غير هوائية لها قدرة على إحداث التخمر البيوترى .

وصناعة التخليل تعتمد على تأثير الملح المضاد للأحياء الدقيقة كمادة حافظة طبيعية ، كما أنه تحدث عمليات تخمر لاكتيكى للمواد الكربوهيدراتية فتؤدى إلى إنتاج أحماض لها أيضا تأثيرها الحافظ . وقد تجرى معاملات حرارية أيضا على المنتجات المخللة لضمان بقائها مدة طويلة بصورة صالحة للاستهلاك ،

فتجمع بذلك بين التأثير الحافظ للملح والتأثير الحافظ لحمض اللاكتيك والحرارة العالية .

يستخدم التخمر اللاكتيكى كإحدى طرق حفظ الخضروات المختلفة مثل الخيار – الكرنب – الزيتون – اللفت – الجزر – الفلفل وغيرها من الخضر والفاكهة . مثل استخدام ثمار المانجو فى بعض البلاد مثل الهند .

والغرض الاساسى من هذه المنتجات المتخمرة هو تحويل الخامات الزراعية من حالتها الطازجة الى منتجات ذات طعم مميز لاستخدامها فى والوجبات الغذائية كفاتحات شهية نظرا للنكهة المميزة بها نتيجة لحدوث التخمير اللاكتيكى بالإضافة إلى نسبة الملح المضافة والنكهة الناتجة عن استخدام بعض التوابل المختلفة . وصناعة التخليل من أكثر الصناعات التخميرية انتشاراً فى مصر إلا أنها لا تعتمد على طرق موحدة فى الإنتاج بل يقوم بإنتاجها مصانع صغيرة موزعة فى المدن بالإضافة إلى أنها تعتبر من الصناعات المنزلية حيث يلعب فيها الاجتهاد الشخصى دورا كبيراً .

يلعب تركيز الملح (كلوريد الصوديوم) فى تخليل الخضروات دوراً هاما حيث يعمل على الإسراع من عملية التخمر عند تركيز 6 – 10 % بينما أعلى من ذلك تنخفض سرعة التخمر ويتوقف عند 15% بينما أنواع الملح الأخرى مثل كلوريد الكالسيوم ، الماغنسيوم لها تأثير سيئ فقد تسبب طعم مر غير مقبول أو لها تأثير ضار أو سام .

2/8 التخمر اللاكتيكى

تقوم به بكتريا حامض اللاكتيك وتقع تحت عائله Lactobacillaceae وهى اما ان تكون تحت جنس Lactobacillus أو جنس Leuconostic

ويمكن تقسيم هذا النوع من التخمر الى قسمين رئيسين Homofermientative و Heterofrmentative وميكروبات الـ Homofermentative تخمر الجلوكوز وينتج مركب وسطى وهو حمض البيروفيك ثم يختزل حمض البيروفيك ويتكون حامض اللاكتيك بالاضافة الى كميات صغيرة غاز ك أ$_2$. اما ميكروبات الـ Heterofermentative فتعمل على تخمير الجلوكوز والفركتوز ويتكون خامض البيروفيك الذى ينتج حامض اللاكتيك وبعض الاحماض الاخرى والالدهيدات والاسترات وبمعنى اخر لن يكون حامض اللاكتيك هو الناتج الوحيد لعملية التخمر .

ويقع تحت القسم الأول *Lactobacillus plamtarum, Streptococus lactis* وتتحمل ميكروبات الـ Lacto . Plan بصفة عامة التركيز العالى لملح الطعام.

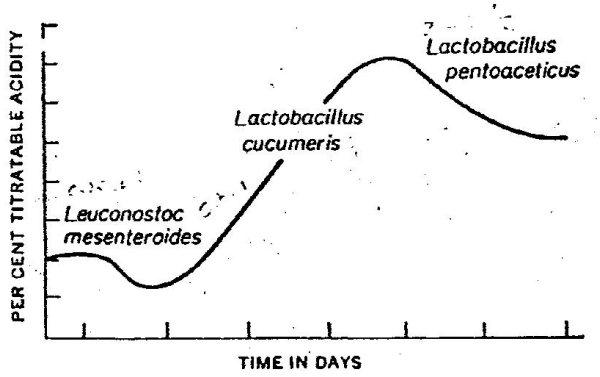
ويقع تحت القسم الثانى ميكروب *Ieuconostic mesenteroides* وعادة يبدأ التخمر اللاكتيكى بنشاط أنواع من بكتريا التخمر اللاكتيكى المختلط والتى تسود لفترة ثم تتوقف بفعل ارتفاع الحموضة ثم تنشط انواع اخرى من بكتريا التخمر اللاكتيكى المتجانس لفترة ثم يعقبها نشاط بكتريا التخمر اللاكتيكى المختلط فترة ثم يتوقف التخمر تماما .

ويساعد الملح على سحب العصارة من الأنسجة النباتية وتحتوى العصارة على السكريات القابلة للتخمر وغيرها من العناصر الغذائية التى تحتاجها بكتريا ذات الاحتياجات المعقدة من العناصر الغذائية بالاضافة الى وجود مواد ذات تأثير مثبط لمعظم البكتريا السالبة لجرام . بالاضافة الى تأثير نمو البكتريا التى مصدرها التربة أو سطح النبات. بعد مرور ساعة على بداية العملية يبدأ تكوين الحموضة الراجعة لنشاط الميكروبات الكروية المنتجة للغاز

Leuconostoc mesenteroides وعند وصول الحموضة الى 0.25−0.3% محسوبة كحمض لاكتيك ينخفض نشاط البكتريا الكروية و تختفى تدريجياً حتى تصل الحموضة الى 0.7−1% تختفى تماماً يعقب ذلك البكتريا العضوية *Lactobacillus plantarum, L. cucumeris* المسئولة عن إنتاج الحمض مع كمية ضئيلة من الغاز وهذه البكتريا تنشط فى انتاج الحمض حتى يصل الى 1.5−2% يعقب ذلك المجموعة الثالثة من البكتريا العصوية المسئولة عن رفع الحموضة الى 2−2.5% وهى *L. pentoaceticus, L. brevis* والمنتجة للغاز و الحمض .

بعد الوصول الى هذه الدرجة من الحموضة يجب ان يحفظ المخلل بعد ذلك بأى طريقة تحد من نمو اى ميكروبات طبيعية موجودة كما سيذكر فيما بعد حتى لا تهئ للخميرة و الفطر الملوثه للثمار من التربة أن تنمو نظراً لقدرتها على تحمل الحموضة الناتجة استخدامها كمصدر للطاقة وتغير من جودة المنتج

ويوضح الرسم الاتى (8–1) مراحل تكوين الحموضة اثناء التخمير.



شكل (8–1) يوضح تتابع نمو ونشاط بكتريا الـ Lactobacillaceae المختلفة وانتاج الحموضة

ينتج فى نهاية مرحلة التخمير خليط من الاحماض بعضها غير طيار وأهمها وأكثرها وجوداً هو حمض اللاكتيك مع أحماض طياره منها الخليك والبروبيونيك – وخليط من الغازات منها ك أ$_2$ الغاز الأساسى مع كميات صغيرة من الكحول و المركبات الاسترية المسئولة عن النكهة . بالإضافة الى تفاعل الكحول مع الاحماض لتنتج الاسترات أيضاً المسئولة عن نكهة المنتج النهائى .

وهذه الحموضة المتكونة بواسطة البكتريا المرغوبة تساعد كما تتحكم فى نظام التخمر عن طريق وقف التغيرات الغير مرغوب فيها مثل التحلل (اللاهوائى) البروتينى للمنتج .لذلك يرجع للحموضة المتكونة العامل الاساسى فى حفظ المخلل. نظراً لان الميكروبات الغير مرغوبة لا تثبط فى تركيز ملح أقل من 5–7% لذلك فالحموضة المتكونة هى المسئولة عن التحكم فى الميكروبات المسئولة عن الفساد وليس الملح حيث تصل درجة الـ pH فى الجزء السفلى الى 3.6 ولا يتبقى سكريات قابلة للتخمير .

وعلى ذلك فأن توفر الظروف اللاهوائية فى الجزء السفلى من المنتج المتخمر فإن حمض اللاكتيك ، و الخليك يرجع لهما التأثير الحافظ. بينما يتكون على الطبقة السطحية غشاء من الخمائر المؤكسدة للأحماض العضوية مما يتسبب فى خفض الحموضة أو رفع الـ pH بما يتيح الفرصة للخمائر المسئولة عن حدوث الطراوة Softening أن تنمو وتفرز الإنزيمات المسئولة عن تحلل المواد البكتينية المسئولة عن ربط الأنسجة النباتية مثل :

Polygalacturonase and pectin methylesterase لذلك تحفظ الخضروات المتخمرة من خلال توفر الظروف اللاهوائية ، التبريد أو التعليب .

مراحل عملية التخليل :

ولقد بدأت صناعة التخليل كما سبق ذكره سابقاً كصناعة منزلية أو صناعة صغرى فى مصانع بدائية على نطاق صغير ، ثم تحولت إلى صناعة كبيرة واسعة الانتشار تقوم بها مصانع كبيرة لها إمكانيات ضخمة مما أدى إلى تطور هذه الصناعة وإدخال كثير من التحسينات التكنولوجية وساعد ذلك أيضاً كثير من البحوث على هذه الصناعة.

تمر عملية التخليل بثلاث مراحل رئيسية هى :

أ-التمليح :-

هى عملية التخليل الرئيسية وتجرى بغمر المواد الخام الزراعية المراد تخليلها فى محاليل ملحية مخففة أو مركزة أو إضافة ملح جاف إلى هذه المواد. بعد ذلك تترك مدة (فترة التخليل) تختلف باختلاف المادة المستعملة وطريقة التمليح وصورة المنتج النهائى المطلوبة.

ب-التجهيز :-

بعد تمام عملية التخليل يتم إزالة جزء من الملح إذا كانت نسبته عالية عن النسبة المطلوبة للاستهلاك كما هو السائد فى عملية التمليح حيث توضع المخللات فى محاليل ملحية منخفضة التركيز حتى يتم تعبئها مرة ثانية أو التسويق .

جـ-الإعداد و العرض:-

وهو تهيئة المواد المجهزة إلى الصورة المطلوبة للتسويق.

3/8 المواد التى تدخل فى صناعة المخللات:

أولاً: المواد الغذائية الخام :

أهم الخامات المستعملة فى التخليل هى الخيار و الزيتون و الجزر واللفت و الكرنب و البصل والليمون والفلفل الأخضر والقرنبيط (الزهرة) ،كما أنه فى بعض البلاد تخلل المانجو كما فى الهند والسودان والخوخ والتين والكمثرى فى أوروبا وقشور اليوسفى وثمار البرتقال الصغيرة المتساقطة قبل النضج كما فى مصر.

ثانياً: المـاء

يجب أن يكون الماء المستعمل :

أ-خالياً من المواد العضوية لأنها تسبب روائح غير مقبولة وتعفن المخللات.

ب–خالياً من القلوية لأنها تعمل على ليونة المخللات softening "هرى" المخللات، كما أنها تتعادل مع الحموضة المرغوبة الناتجة أثناء التخمر الذى يحدث بالتخليل . والماء القلوى يمكن معادلته بحمض الخليك.

ج–خالياً من أملاح الكالسيوم و المغنسيوم التى تسبب الطعم المر أو القابض،كما أن أملاح الكالسيوم تترسب على المخللات على شكل بقع بيضاء وتتفاعل مع الأحماض الناتجة عن التخمر (وهذا ينطبق أيضاً على ملح كربونات الصوديوم) .

د–خالياً من أملاح الحديد التى تسبب تلون المخلل اللون الأسود.

هـ–كما يجب ان يكون الماء نقياً بكتريولوجيا.

و–لا يحتوى على كلور لأنه يتدخل فى نشاط الأحياء الدقيقة التى تقوم بعملية التخمر.

ثالثاً: ملح الطعام :

هو أحد المكونات الرئيسية للمخللات ، وأنواع ملح الطعام الموجودة بالأسواق يهمنا منها :

1- **ملح الملاحات :-** ينتج من تجفيف مياه البحار كما يحدث في الملاحات ويجرى له عملية غسيل وتنقية فى مراحل متعددة ومنه عدة أنواع :-

أ–ملح الألبان dairy salt وهو أفضلها وأنقاها .

ب–ملح المائدة table salt ويليه فى النقاوة .

2–**الملح الصخرى rock salt** وهو أقل من السابق فى النقاوة ، ويستخرج من المناجم أو الصخور الملحية وتختلف درجة نقاوته و الشوائب الموجودة به حسب مصدره ولا يصلح لأعمال الصناعات الغذائية بحالته. كما أنه يفتقد لوجود اليود.

3–**ملح السياحات** . وهو خطر صحياً لأنه يحتوى على الملوثات الكيماوية والبيلوجية مثل المعادن الثقيلة والميكروبات الضارة بصحة الإنسان وهو ينتج بطريقة بدائية بسيطة حيث تجمع الطبقات البيضاء التى تكونت من تجفيف مياه الأمطار والبرك والصرف الزراعى والصحى فى أماكن تجمع هذه المياه ويطحن ويعبأ ويباع فى بعض الأسواق وهذا النوع ممنوع عرض تداوله فى الأسواق.

والشروط الواجب توافرها فى الملح المستخدم هى :
1-لا تزيد نسبة الشوائب به عن 1%.
2-خلوه من أملاح الكالسيوم و المغنسيوم و الحديد للأسباب السابق ذكرها فى شروط الماء.
3-يكون مائلاً للحموضة لا يزيد رقم pH له عن 7.

رابعاً: التوابل Spices

والغرض من إضافة التوابل هو إكساب المخللات النكهة الخاصة بالتوابل المستعملة وليس لها أثر حافظ.

خامساً: الخل Vineger

الخل هو ناتج تخمر كحولى يليه تخمر خليكى للمواد السكرية ،و قد يصنع من الفواكه كمادة خام وكمصدر للسكريات ، أو من الحبوب النشوية مثل الشعير وغيره من الحبوب والخل المستعمل فى التخليل يجب ألا يحتوى على نكهة الفواكه لأنها تخفى النكهة المميزة للمخللات والتوابل المستخدمة فيها . وأحسن أنواع لغرض التخليل هى المصنوعة من نشا الحبوب باستخدام الإنزيمات و الخمائر للتحويل إلى كحول ثم باستخدام بكتريا حمض الخليك للحصول على الخل بعملية أكسدة.

سادساً: المواد الحافظة

تسمح بعض القوانين الغذائية فى العالم بوجود ثانى أكسيد الكبريت بنسبة 100 جزء فى المليون أو بنزوات باراهيدروكسى الميثيل methy para hydroxy benzoate بتركيز 250 جزء فى المليون فى المخللات.

سابعاً: أوعية التخليل

فى المنازل تستعمل أوعية من الزجاج أو الفخار صغيرة السعة ، أما فى المصانع فتستعمل لذلك براميل من المعدن غير المعرض للصدأ أو التأكل ولا يتفاعل مع المحاليل الملحية أو مع أحماض التخليل و الخل ، وكذلك لا يتفاعل مع مكونات المواد الزراعية الخام مما يؤثر على لونها أو طعمها أو قوامها .

كما قد تكون الأوعية من الخشب . وهذه الأوعية تكون ذات سعات كبيرة قطرها يتراوح بين 14،8 قدماً وعمقها من 6 إلى 8 أقدام. توضع البراميل على قواعد ترفعها عن الأرض . ومن الضرورى أن يكون الخشب المستعمل فى صنع البراميل من أنواع لا تعطى رائحة أو لوناً أو طعماً للمخللات ، وتتحمل الرطوبة و الأحماض وملح الطعام وأحسن أنواع الخشب الصالحة لذلك هى الأرو والسيدار. ولا تثبت أجزاء البراميل بحديد يلامس محتويات البراميل لأن الحديد يؤثر على ألوان وطعم المخللات . ولكل برميل غطاء من الخشب الثقيل أو خشب يمكن

تثبيته على سطح المخللات منعاً لطفو الخضروات المخللة على السطح وقد يوضع عليه ثقل يجعله باستمرار فوق سطح المخللات مباشرة. و يجب عدم استخدام البراميل البلاستيك المستعملة فى الكيماويات والبويات وغيرها من المواد الصناعية الأخرى وذلك لخطورتها على الصحة العامة .

ويجب أن تكون الأوعية نظيفة ويجرى تنظيفها بعد كل عملية تخليل وقبل استعمالها فى عملية تالية بمحلول صودا كاوية ساخنة بتركيز 0.5% ، ثم تغسل بالماء الساخن و الصابون ، وثم بماء عدة مرات حتى تزول جميع آثار القلوية و الصابون. ويوجد بكل برميل ثقب بحنفية مثبتة فى جداره قرب قاعة لتفريغ السوائل منه ، وله أيضاً فتحة علوية قرب الحافة يملأ منها البراميل بالماء أو المحاليل الملحية.

4/8 خطوات عملية التخليل :-

1-**انتخاب الأصناف الصالحة:-** يستحسن انتخاب الاصناف التى تمتاز بصلابة أنسجتها وذات الشكل المنتظم التى لها قوة حفظ جيدة.

2-**الحصاد :** يجب العناية التامة بهذه المراحل ومراعة عدم خدش الثمار حتى لا تكون مصدر للتلوث كما يحدث فى معظم الاحوال أن تحصد الثمار قبل أن تصل الى مرحلة النضج الكامل تماماً.

3-**عملية فرز وغسيل :** الغرض منها استبعاد المخدوش أو التالف أو الزائدة النضج، أما عملية الغسيل فقد لا تجرى فى أبعد الاحيان .

4-**عملية التمليح :** يمكن تلخيص فوائد هذه العملية فيما يأتى :-

1- يكون محلول الملح تركيزه أعلى من تركيز العصير الخلوى وبالتالى فأن جزء من الماء الداخل فى تركيب الخضار (أو الفاكهة) يخرج للخارج عن طريق الضغط الاشميرى.

2-الماء الذى يخرج يكون محتوياً على نسبة من المواد الغذائية التى تعتمد عليها الميكروبات المفيدة كذلك فأن بعض مكونات أنسجة الخضروات تخرج فى هذا المحلول وبالتالى يمكن التخلص منها وتفادى تعكير المحلول النهائى الذى سوف تحفظ فيه المخللات .

3-الحد من نشاط قدر كبير من الميكروبات الغير مرغوب فيها وبالتالى يزداد نشاط بكتريا حامض اللاكتيك نظر لقلة المنافسة مع الميكروبات الاخرى.

4-كما وأن المحلول يساعد على المحافظة على لون الكلوروفيل وتجرى عملية التمليح (هذه العملية) بطريقتين :

أ – التمليح بالطريقة الجافة : وفيها يضاف الملح الجاف للمادة المراد تخليلها فينفصل الماء عن طريق الخاصية الاسموزية فيتكون بذلك محلول ملحى مركز يجرى تعديل تركيزه فى النهاية بحيث يصبح 40 سالوميتر (10% ملح).

وهذه الطريقة تؤدى الى إنكماش الثمار وقد لا تستعيد الثمار بعد التخليل حالتها عند إزالتها من المحلول الملحى.

ب–التمليح بالطريقة الرطبة : وفيها يستعمل محلول ملحى وتختلف درجة تركيز المحلول الملحى المستخدم فمثلاً : .

1– محلول 30سالوميتر: وهذا التركيز لا يكون كافياً لتثبيط بعض الميكروبات الغير مرغوبة ولكن قد يعطى نتائج جيدة حيث يساعد على سرعة نشاط بكتريا حمض اللاكتيك وخاصة جس Leuconostoc .

2–محلول 40سالميتر : وفى هذه الحالة نجد أن المحلول يقل تركيزه باستمرار لخروج الماء من المادة المراد تخليلها (يلاحظ أن نسبة الرطوبة فى الخضر تتراوح بين 80–90 %) ولذلك يجب ملاحظة دوام إضافة ملح لتعديل تركيزه.

وقد وجد أن إضافة 1% سكر الى المحلول الملحى يساعد على تحسين خواص التحضير حيث أن المواد المراد تخليلها تحتوى على نسبة قليلة من السكر مما لا يكون كافياً لإتمام عملية التخمر.

وتستغرق عملية التخليل من 4–6 أسابيع عادة وبعد إنتهاء مدة التخليل يرفع تركيز المحلول الملحى الى 60 سالوميتر إذا حفظ لمدة طويلة.

ويحدث عادة تتابع للميكروبات كما سبق شرحه حسب درجة الحموضة التى تتكون وغالباً تسود فى النهاية بكتريا حمض اللاكتيك وتموت الميكروبات الاخرى أو يثبط نشاطها . وعند استعمال المخلل تجرى عملية تجهيز للإستهلاك وتنحصر فى :–

1–رفعه من المحلول الملحى المركز وغسلة بماء دافئ (60–70ف) ونرفعه لمدة تتراوح بين 12ساعة – 2يوم .

2–إضافة محلول حمض خليك .

3–قد يضاف شبه الصودا Soda alum لتصليب أنسجة الثمار بنسبة 1 رطل لكل 25 جالون محلول .

4–قد يضاف كلوريد كالسيوم لنفس الغرض السابق (بنسبة0.3 من المحلول).

5–قد تضاف مواد لتحسين اللون مثل ماء الـ Tumeric (فى حالة الخيار) وغيرها.

6-أو يحفظ المخلل فى المحلول الملحى العادى بتركيز أقل من الذى كان موجود به .

7-وقد يضاف سكر وخل وتوابل ويصل : تركيز السكر الى 2.2 بومية و الملح الى 1-2بومية و الحموضة 2.8% كحامض لاكتيك (تجرى هذه الطريقة) فى حالة حفظ ثمار الخيار فقط .

5/8 أمثلة لتخليل بعض الخضر والفاكهة

تخليل الزيتون الاخضر

من الاصناف التى لهذا الغرض التفاحى والعجيزى والعقص وتجمع هذه الاصناف فى مصر فى الفترة بين أول سبتمبر وحتى منتصف نوفمبر وذلك عندما يصبح لونها فى مرحلة التحول من اللون الاخضر إلى اللون الأخضر المصفر وهى الدرجة المناسبة للتخليل .

1-اختيار الصنف المناسب ثم اجراء عملية فرز للتخلص من الثمار المصابة و التالفة والمواد الغريبة.

2-التدريج الحجمى واللونى للثمار : وهذه العملية مهمة لتجانس عملية التخليل فى ثمار كل مجموعة.

3-المعاملة بالقلوى Lye treatment : حيث تغمر الثمار فى محلول ايدوكسيد صوديوم أو بوتاسيوم 2% لمدة تكفى لازالة معظم المرارة ويعرف ذلك بتخلل القلوى المسافة الى البذرة ويتم التحقق من ذلك باستخدام دليل الفينول فثالين (لون أحمر مع القلوى) وعادة تستغرق هذه العملية 4-6 ساعات .

4-يزال المحلول القلوى وتنقع الثمار فى ماء يجدد 3-4مرات فى اليوم مع عدم تعريض الثمار للهواء حتى لا يتحول لونها الى اللون الداكن بالأكسدة ، تكرر عملية الغسيل حتى يتم إزالة كل آثار القلوى (يكشف عن ذلك باستخدام دليل الفينول فثالين) ويستغرق ذلك حوالى 30 ساعة .

5-التخليل والتخمر : وذلك بوضع الثمار فى أوعية التخمر وتغطيها بمحلول ملحى 10% مع العمل على ثبات هذا التركيز دون تغير خلال التخمر ويلاحظ أن الحموضة تصل فى نهاية التخمر الى 75. - 1.25% مقدرة كحمض لاكتيك ويصل رقم pH فى هذه الحالة الى 3.8 ويستغرق ذلك فترة تتراوح بين شهر وأربعة أشهر حسب حرارة التخمر والتى أنسبها هى 20-25°م. (يراعى إزالة الميكودرما و التغطية الجيدة خلال التخمر).

ملاحظات:-

1- فى بعض البلاد الشرقية مثل سوريا والأردن وفلسطين ومصر يخلط بالزيتون الأخضر أثناء التخليل ليمون مقطع إلى أرباع كما يضاف أيضاً فلفل أخضر حار ويقوم الليمون مقام الخل فى إكساب الحموضة.
2- قد تشق ثمار الزيتون بالسكين شقاً طولياً لغرض الإسراع فى عملية تخلل الملح إلى داخل الثمار وقد تكسر الثمار بمطرقة خشبية مما يعمل على تهتك لحم الثمرة لغرض الإسراع فى التخليل أيضاً .
3- تلجأ بعض المصانع بإضافة بادئ starter يحتوى على بكتريا حمض اللاكتيك ، وعادة يكون ذلك على شكل محلول من عملية تخليل سابقة كما أنه قد يضاف قليل من سكر أحادى مثل الجلوكوز كغذاء للبكتريا حيث أن نسبة السكريات فى الزيتون منخفضة .

الاختبارات التى تجرى على الزيتون أثناء التمليح :-

1- يجب تتبع نسبة ملح الطعام فى محلول التخمر . ويجب ملاحظة أن الاختبار بالهيدرومتر لا يكون دقيقاً لأن محلول التخمر يحتوى على ملح الطعام وحمض لاكتيك ومواد ذائبة من الزيتون فى الماء لذلك يحسن أن يكون التقدير كيماوياً . وإذا وجد أن نسبته قلت عن 7.5% (30 سالومتر) يجب إضافة ملح طعام للوصول إلى هذه النسبة .
2- كما يجب تتبع رقم pH فى المحلول بالجهاز الخاص بهذا القياس ويجب ألا يزيد رقم الحموضة عن 3.8 pH وعند ارتفاع الرقم إلى 4.2 يحدث فساد يتميز بظهور روائح غير مقبولة . ويمكن علاج هذه الحالة بوضع حمض الخليك أو حمض لاكتيك حتى الوصول إلى رقم 3.8 pH أو أقل قليلاً . وإرتفاع رقم pH يسبب أيضاً نشاط بكتريا حمض البيوتريك وهو يسبب رائحة التزنخ .
3- تختبر صفات الزيتون العامة من حيث اللون ووجود غازات داخل الثمار ، وإضافة حمض الأسكوربيك تحافظ على اللون ، كما أن زيادة نسبة ملح الطعام وخفض رقم pH فى أول عملية التخمر تمنع حدوث الفساد الغازى.

الفرز :

عقب انتهاء عملية التمليح يفرز الزيتون حيث تستبعد الثمار الملونة بألوان متغيرة كالأسود أو الرمادى وكذلك الذى حدث لها ليونة أو هرى softening .

التجهيز :

يجهز الزيتون بغسل الثمار بالماء أو بمحلول ملحى مخفف إلى أن تصل نسبة الملح إلى الدرجة المطلوبة حسب الذوق العام للمستهلك .

الإعداد :

قد تزال النواة يدوياً أو ميكانيكياً وقد توضع مكان النواة قطع من الجزر أو فلفل أحمر أو لوز أو أية مواد أخرى . يعبأ الزيتون فى برطمانات زجاجية عادة ويكمل البرطمان بمحلول ملحى تركيزه 28 ^{5} سالومتر محتوياً على حمض لاكتيك 0.2–0.5% أو حمض خليك 0.1–0.2% وتقفل البرطمانات بإحكام .

البسترة :

قد تجرى بسترة على 140^{5}ف لمدة ½ ساعة للبرطمانات بسعة ½ كجم وإذا وضع المحلول الملحى على درجة 180^{5}ف يمكن الاستغناء عن البسترة.

صفات مخلل الزيتون الأخضر الجيد :

1- تكون الحموضة الكلية 75.0 جرام /100مل محسوبة كحمض لاكتيك.
2- القوام متماسك .
3- النكهة جيدة وخال من الطعم القابض .
4- اللون أخضر مصفر .
5- ليس به سكريات أحادية .

تخليل الزيتون الأسود

الزيتون الصالح للتخليل هو ثمار أصناف معروفة عالمياً مثل أصناف Manzanillo وميشن Mission وصنف سيفللانو Sevillano وكالاماتا Calamatta.

والاختلاف الأساسى فى صناعة تخليل الزيتون الأسود عن تخليل الأخضر هى عملية التهوية أثناء المعاملة بالقلوى لإزالة المرارة ، فبينما تجرى المعاملة بالقلوى للزيتون الأخضر مع تقليل ملامسته للهواء بقدر الإمكان نجد أن الزيتون الأسود يتعرض للهواء لمدة 3–5 أيام وعملية التهوية هى التى تؤدى إلى تغير اللون إلى اللون الأسود بالأكسدة ، وتحدث الأكسدة لمركب يشبه الكاتيكول

catechol الموجود فى البطاطس و التفاح إلى مادة سوداء . والتهوية تحدث بدفع الهواء فى محلول القلوى من اسطوانات الهواء المضغوط . بعدها تزال القلوية بالغسيل المتكرر أى بعد تمام التلون وإزالة المرارة .
يجرى التمليح بعد ذلك والإعداد للتعبئة كما فى الزيتون الأخضر.
قد يعبأ الزيتون الأسود المخلل فى محلول ملحى به نسبة من حمض الخليك أو فى زيت زيتون و التعبئة فى برطمانات أو علب صفيح .
قد تكون التعبئة بوضع المحلول الملحى المحمض ساخناً على درجة 180^{5}ف و يكتفى بهذه المعاملة للحفظ أو تبستر العبوات على 150^{5}ف لمدة ½ ساعة فى العبوات سعة ½ كيلو أو أكثر من هذه المدة فى العبوات الأكبر .

تخليل البنجر Beet root pickling

المادة الخام الصالحة :
جذور البنجر الصالح هى التى يتراوح قطرها بين $\frac{1}{4}$ -2 $\frac{1}{2}$ 2 بوصة وتكون خالية من الشعيرات الجذرية وشكلها كروى أو بيضاوى ولونها وفير ، وتكون خالية من الجروح أو الخدوش.
الطبخ :
تغسل الجذور جيداً بعد إستبعاد الأوراق ثم يجرى الطبخ بإحدى طرق ثلاثة : الطبخ فى أوتوكلاف ، الطبخ فى الماء بالغليان ، والطبخ بالبخار. ويجب أن يكون الطبخ فى أوعية خالية من الحديد تماماً.
والطبخ فى الأوتوكلاف يجرى لمدة 20 دقيقة على ضغط 15 رطلاً على البوصة المربعة أى درجة حرارة 240^{5}ف. أما الطبخ فى الماء فى الضغط الجوى العادى فيحتاج إلى مدة أطول وهى ساعة إذا كانت الجذور حديثة السن ، أما إذا كانت كبيرة السن فيلزم ساعة $\frac{1}{2}$ 1 فى أواخر موسم حصاد المحصول ، وتغلى الجذور فى الماء مع إضافة 47 $\frac{2}{2}$ رطلاً (21.5كجم) ملح لكل طن بنجر ،و تعتبر عملية الطبخ قد تمت عندما تكون الجذور قد أصبحت لينة.

الإعداد و التخليل :-
تقشر الجذور يدوياً أو بالماكينات بعد الطبخ وتقطع الجذور إلى شرائح بماكينات خاصة و السكاكين يجب أن تكون من معدن الصلب الذى لا يصدأ. تعبأ الشرائح فى برطمانات زجاجية سعة رطل ويضاف الخل بتركيز 5% حتى تغطية الشرائح وتقفل ثم تبستر . قد يضاف أيضاً سكر وخاصة فى البنجر كبير السن كما

يضاف فلفل بيمينتو للتتبيل ، وقد تضاف نسبة من ملح الطعام زيادة عما أستعمل أثناء الطبخ .

إذا لم تتم عملية البسترة فيلزم زيادة الحموضة على شكل حمض خليك ويضاف محلول حمض الخليك ساخناً . وعلى العموم تفضل البسترة مع إنخفاض الحموضة لأن الحموضة العالية لا يفضلها المستهلك عادة .

والبسترة تجرى على180^{5}ف لمدة 90 دقيقة و البديل هو التعبئة الساخنة للخل بحيث تبقى المحتويات لمدة 20 دقيقة على الأقل على 165^{5}ف.

عيوب البنجر المخلل Beet root pickling defects

1_ يحتوى البنجر على نسبة عالية من حمض الأكساليك و الأكسالات وتظهر أملاح أكسالات الكالسيوم على شكل رواسب بيضاء على غطاء البرطمان أو فى المحلول أو على القطع . واستبعاد الكالسيوم من الماء و الملح كشوائب يؤدى إلى عدم ظهور هذه الرواسب .

2–اللون الباهت : تظهر عيوب اللون عندما يحدث تأخير فى التعبئة بعد إنتهاء عملية الطبخ . والأكسدة عامل مهم فى تغير اللون discoloration فيجب استبعاد الهواء نهائياً . كما أن ملامسة جذور البنجر للحديد لها تأثير الفعل المساعد catalytic فى عملية الأكسدة بالهواء.

3– تظهر بقع بيضاء أو رواسب بيضاء فى البرطمانات لسبب غير وجود أكسالات الكالسيوم . وسببها هو عدم البسترة الكافية ممايؤدى إلى نمو بكتريا Lactobacillus . وقد ينتج ذلك من أن البرطمانات تكون غير محتوية على كمية كافية من السائل فيكون هناك فراغ قمى headspace به قطع من جذور البنجر غير مغطاة ولا تصل درجة حرارتها إلى درجة حرارة البسترة . إذا تلافينا أسباب هذه العيوب فيمكن إنتاج جذور بنجر مخلل تصل مدة حفظه سليماً إلى 12 شهراً على الأقل تحت الظروف العادية للتخزين .

تخليل القنبيط Cauliflower pickling

يجهز القنبيط بأخذ الجزء القابل للأكل edible portion المسمى برأس القنبيط كاملاً ويجرى له تخمر لاكتيكى ويعبأ بعدها فى محلول ملحى 50 سالومتر ويترك لحين الاستهلاك.

وعند تعبئته تقطع الرؤوس إلى أحجام مناسبة وتنقع فى ماء لتخفيف نسبة الملح ، ثم تفرز وتزال أية أوراق خضراء.

تعبأ فى برطمانات مع محلول حمض الخليك (الخل) وقد يوضع بدلا منها محلول ملحى غير محتوى على خل .

عيوبه :-

يحدث أحياناً تلون القنبيط باللون القرمزى بعد التخزين لمدة طويلة فى وجود حمض الخليك أو الخل . ولتحاشى هذا تؤخر إضافة حمض الخليك أو الخل إلى ماقبل الاستهلاك بمدة قصيرة .

تخليل الليمون

الليمون من المخللات المحبوبة فى الدول الشرقية وقد يخلل لذاته أو يخلل مخلوطاً مع الزيتون الأخضر كذلك مع العصفر وحبة البركة .

والليمون البنزهير lime وأيضاً الليمون الأضاليا lemon تصلح للتخليل وقد يخلل الليمون بعد أن يسلق ، أو بدون سلق .

الليمون حمضى لا يحتاج إلى خل أو تخمر لاكتيكى ، وعادة فى الليمون غير المسلوق يكون تخليله قاصراً على تمليحه بعد أن يقطع إلى 4 قطع للثمرة، وقد تشق الثمرة بالسكين شقين عميقين دون فصل الأرباع عن بعضها ويحشى ببعض التوابل (مثل التوابل الحارة) والعصفر والحبة السوداء (حبة البركة) مع كمية من الملح حسب الرغبة وعادة تكون نسبة الملح إلى التوابل 100 : 7 توضع ثمار الليمون فى وعاء من الفخار أو الخشب ويوضع عليها ثقل حتى ينفصل منها عصير يغمرها . ثم تغطى بالزيت وتترك لمدة شهرين تحدث أثنائها التحولات التى تعطى الطعم المميز لهذا المنتج والطريقة العملية البسيطة لعمل الليمون المعصفر . تقطع الليمون أربعة أجزاء غير مكتملة ويوضع داخلها الملح والعصفر وحبة البركة يوضع فى برطمانات التخليل بدون أو بإضافة الفلفل الاخضر فى طبقات وتضغط ويضاف إليها المحلول الملحى حتى يصل التركيز الى 10% ملح (40سالوميتر) وتغطى جيداً ولا يترك فراغ قمى فى البرطمانات

أما الليمون المسلوق فيوضع فى محلول ملحى تركيزه حوالى 15% ويغطى الوعاء بإحكام أو يوضع ثقل لمنع طفو الثمار . وهذا الليمون يحدث تخليله بسرعة لأن السلق يجعل تخلل المحلول الملحى أسهل وأسرع . وعادة لا يتبل هذا المنتج . وقد تضاف توابل حريفة .

التعبئة :-

يعبأ الليمون فى برطمانات سعة ½ كيلو أو أكثر ويمكن الاكتفاء بوضع المحلول الملحى فى البرطمان ساخناً (200^{5}ف) وقد يعبأ فى عصير الليمون على نفس الدرجة وفى هذه الحالة لا يلزم إجراء عملية تعقيم تجارى أو بسترة البرطمان على 200^{5}ف لمدة ½ ساعة .

تخليل البصل

يفضل البصل صغير الحجم فى التخليل . يقشر البصل باللهب فى المصانع الكبيرة أو باليد فى المنازل وإن كان فى بعض الحالات يفضل التمليح للبصل بدون تقشير. يغطى البصل فى البراميل بمحلول ملحى 65^{5}سالومتر محتوياً على 1% حمض لاكتيك ،و بعد مدة يضاف محلول ملحى 95^{5} سالومتر محتوياً على1% حمض لاكتيك ويلاحظ أن البصل غير المقشور أسرع فى التخمر بسبب وجود بكتريا التخمر بكثرة على القشور أما البصل المقشور فتكون عملية تخلل الملح إلى أنسجة البصلة أسرع .

يجب عدم استعمال الخل فى تخليل البصل لأنه يسبب التلون باللون البنى أو القرمزى ، اما حمض اللاكتيك فإنه يحسن اللون الأصفر لمادة quercetin فى البصل . بعد تمام التخمر يزال جزء من ملوحة البصل بتغيير المحلول الملحى بماء فى نفس براميل التخليل وتزال القشور قبل التعبئة .

التعبئة :- يعبأ البصل فى برطمانات مع ترك اقل قدر من الفراغ القمى لاستبعاد الهواء وينصح بقفل الأوعية تحت تفريغ لمنع الأكسدة التى تغير اللون. كما أنه يفضل أن يكون تركيز الخل منخفضاً .

بعض الصناع يضع البصل فى خل تركيزه 5 % لعدة ايام قبل التعبئة فى المحلول النهائى المكون من محلول ملحى وخل . يجب الاهتمام باختيار نوع غطاء البرطمانات لأن الحديد يؤثر على لون البصل ، كما أن الفلين الذى يبطن به الغطاء أحياناً يؤثر على اللون بسبب التنين tanine الذى يوجد بالفلين .

الحفظ :- قد تكون محاليل التعبئة كافية للحفظ لمدة 6-12 شهراً .

البصل سريع التخليل

فى هذا النوع يكون البصل محتفظاً بتماسك أنسجته وبالطعم الطازج للبصل.يوضع البصل المقشور لمدة 48ساعة فى محلول حمضى ملحى مكون من 87% ماء + 10.8%ملح + 2.2% حمض لاكتيك تركيزه 80% .

بعد ذلك تغسل الأبصال بالماء ويصفى الماء وتعبأ فى برطمانات وتغطى بمحلول ملحى 5% .

تخليل الخيـار

تنتخـب الثمـار الصـلبة الطازجـة الصـغيرة ويستحسـن أن تكـون حديثـة التقطيف غير مكتملة النضج تماماً خالية من أى عيوب .

خطوات العمل :-

1- فرز وتدريج .
2- تحضـير محلـول ملحـى تركيـزه 10% (40 سـالوميتر) ويوضـع بطبقـة إرتفاعها حوالى 15سم (لتعمل وسادة لمنع تهشم الثمار).
3- تمزج ثمار الخيار بعناية شديدة بالملح بواقع 5 رطل ملح 100 رطل من الثمار ثم تعبأ فى أوانى التخليل ويضغط عليها بثقل.
4- يقاس تركيز المحلول المتكون بعد ثلاثة ايام ويضاف كمية الملح اللازمة لرفع تركيزه الى 10% مرة أخرى .
5- يرفع تركيز المحلول درجتين سالوميتر كل أسبوع حتى يصل التركيز 50 سالوميتر ثم درجة كل أسبوع حتى 60 سالوميتر .
6- تجهز الثمار بأن تنقل الثمار المملحة الى أوانى غير قابلة للصدأ أو من النحاس المطلى وتغمر بماء بارد 12 ساعة ثم يستبدل الماء بأخر وتغمر لمدة 8ساعات أخرى ثم يستبدل مرة أخرى بماء دافئ حرارته بين 130-150^{5}ف .
7- تضاف بعض المواد الكيماوية مثل الشب (سلفات الالومنيوم والصوديوم) لإكساب الثمار قواماً لدنا متقصفاً بنسبة 0.2% بالنسبة لوزن الثمار وتعبأ الثمار فى علب صفيح أو فى برطمانات وقد تضاف بعض التوابل أو محلول حامض الخليك . وتسمى هذه الطريقة من التمليح بالطريقة الرطبة.

تتلخص الطريقة الجافة فى تعبئة الخيار فى أوانى التعبئة مع إضافة الملح متبادلاً فى الوضع مع الخيار بواقع رطلين من الملح كل 50 رطل من الثمار ثم تضاف كمية الملح الباقية لتكون نسبة الملح للثمار 4 رطل لكل 50 رطل ثمار ثم يضاف الماء بحيث يتناسب مع وزن الملح ويكون كافياً لجعل تركيز الملح 10% ويقلب المحلول كل يومين لمنع تسرب الملح فى القاع ويرفع التركيز كما فى الطريقة السابقة حتى يصل الى 60% سالوميتر ويتم نضجه بعد ثلاثة اشهر تقريباً ثم تجرى عملية التجهيز كما سبق .

الاشتراطات العامة الواجب توافرها فى المخللات :-

6/8 الاشتراطات العامة التى يجب أن تتوفر فى المخللات :

أ–تكون خالية من الهرى و الجيوب الغازية و الحشرات أو أجزاءها .
ب–تكون خالية من المواد الملونة غير المسموح بها و المواد الحافظة غير المسموح بها .
ج– تكون خالية من آثار التعفن أو التخمر أو الروائح غير المرغوبة .
د– تكون خالية من الإصابات الفطرية و الحشرية .
هـ– يكون محلول التعبئة رائقاً فاتح اللون شفافاً خالياً من المواد المخاطية و الريم و المواد المترسبة أو العالقة.
و–تكون العبوات المستخدمة فى تعبئة المخللات نظيفة محكمة القفل وأن تطلى العبوات المصنوعة من الصفيح من الداخل بالورنيش الملائم للحموضة المرتفعة .
ز–أن يدون بخط واضح ثابت على العبوات البيانات التالية :–
* أسم الصنف .
* اسم المنتج وعلامته التجارية أو أحداهما .
* الوزن الصافى لمحتويات العبوة .
* المواد الملونة إن وجدت .
* عبارة إنتاج (ج.م.ع).

7/8 مواصفات المخللات :–

1– أن تكون الاجزاء النباتية المستخدمة فى التخليل قد بلغت طوراً من النضج الملائم فيما يتعلق بالحجم والانسجة واللون ...الخ
2– أن تكون المخللات ذات لون طبيعى الا فى بعض الحالات الخاصة (مثل اللفت و الكرنب) .
3– أن تكون المخللات خالية من التجعدات وحمض البيوتريك و البكتريا المكونة له وبكتريا حمض اللاكتيك (على أنه يمكن التجاوز عن وجود 10 خلايا فى كل ملليلتر واحد من المخللات غير المبسترة) .
4– أن تكون المخللات خالية من الرمل و الطين و الشوائب الاخرى على الاخص بقايا الاجزاء غير مرغوب فيها .
5– أن تكون المخللات خالية من المركبات السامة خاصة ما يستخدم منها كمبيدات حشرية أو فطرية ويمكن التجاوز عن 2 جزء فى المليون من مركبات الرصاص معدنى وجزء واحد فى المليون من مركبات الزرنيخ محسوبة كأكسيد زرنيخوز (ثالث أكسيد الزرنيخ) .

6- أن تكون جميع المواد الداخله فى تصنيع المخللات مثل ملح الطعام و الخل الطبيعى و المستردة و التوابل و السكر وغيرها مطابقة للمواصفات القياسية الخاصة بكل منهما .
7- أن تكون المواد الملونة (فى حالة استخدامها) مسموحاً بها ومطابقة لمواصفتها المقررة .
8- أن تكون المواد الحافظة (فى حالة استخدامها) مسموحاً بها ومطابقة لمواصفتها المقررة .
9- أن تكون المخللات الكاملة أو أجزاؤها متجانسة الحجم و الشكل فى العبوة الواحدة .
10- يجب ان لا تقل نسبة ملح الطعام فى وسط التعبئة (محلول التعبئة) عن 2% ولا تزيد عن 8% ولا تقل نسبة الحموضة عن $1\frac{1}{2}\%$ فى وسط التعبئة ولا تزيد على 4% .
11- يجب أن تبستر المخللات المحفوظة فى العلب الصفيح و البرطمانات الزجاجية .

8/8 فساد المخللات

1- ليونة المخللات Softening

يظهر هذا العيب كثيراً فى الخيار خاصة وفى غيره من المخللات . ويحدث هذا العيب بسبب إنزيم يحلل البكتين هو polygalacturonase وثبت أن الإنزيم يفرزه فطر يوجدعلى الخضروات ولعلاج هذه الحالة يقترح تصفية محاليل التخليل وبسترتها لقتل الفطر وتثبيط الإنزيم . كما أنه أتضح أيضاً أن إضافة أوراق العنب لمحاليل التخليل توقف عمل الإنزيم المحلل للبكتين ،وفى نفس الوقت لا تؤثر على الطعم .

ومن أسباب ليونة قوام المخللات أيضاً نمو طبقة من الخمائر الضارة على سطح المخللات من أجناس Pichiat, Micoderma, Debaromyces وهى تستهلك حمض اللاكتيك فتنخفض الحموضة و يصبح الوسط صالحاً لنمو أحياء دقيقة أخرى ضارة .

ومن طرق مقاومة أغشية الخمائر الضارة وضع نقط من زيت المستردة على سطح البرطمانات ، كما أن إزالة هذه الأغشية باستمرار من سطح البراميل أثناء التخليل يقلل من ضررها ، وكذلك تعريضها لأشعة الشمس أو وضع طبقة زيتية تحول دون وصول الهواء لهذه السلالات الهوائية . كما أن بسترة العبوات النهائية تحول دون الريم على السطح .

2-تغير اللون Discoloration

يتغير اللون فى وجود الأكسجين فالزيتون الأخضر مثلاً يتحول إلى رمادى أو أسود . والأكسدة تثبط فى الوسط الحمضى ، لذلك فأى سبب يؤدى إلى خفض الحموضة قد يتبعه اللون . كما أن إحكام القفل فى العبوات النهائية يمنع حدوث الأكسدة وخاصة إذا كان القفل تحت تفريغ . ووجود الحديد يشجع حدوث الأكسدة وبالتالى التلون بألوان غير مرغوبة فى المخللات .

قد يحدث تبقع باللون الأبيض على المخللات مثل الزيتون وغيره ومع أن هذا العيب يسمى yeast spots إلا أنه ثبت أنه ينتج من نموات من بكتريا حمض اللاكتيك وهى *Lactobacillus plantarum* .

وفى الخيار قد يفقد اللون المميز ويتحول إلى لون باهت ويعتقد أن التعرض للضوء له دور كبير فى حدوث هذا التغير سواء كان الضوء هو ضوء الشمس أو ضوء صناعى ،كما أن الأكسجين قد يكون له أيضاً دور . وقد وجد أن البسترة وإحكام قفل البرطمانات تقللان من حدوث اللون الباهت .

3-وجود إنتفاخات غازية

يحدث أحياناً للخيار المخلل كبيرة الحجم أن يوجد بها جيوب غازية وينتج من بكتريا منتجة للغازات داخل الأنسجة . ومن الأسباب التى تسبب زيادة حدوث هذه الحالة إضافة شب Alum لغرض إعطاء صلابة للثمار كما أن إرتفاع نسبة ملح الطعام وارتفاع حرارة التخليل تؤدى الى زيادة ظهور هذا العيب .

ومن طرق مقاومة هذا العيب أن تثقب كل خيارة بإبرة من الصلب عديم الصدأ حتى يتسرب أى غاز يتكون داخلها .

4-تغير النكهة Off flavors

قد يحدث طعم يشبه طعم القش hay flavor أو طعم قديم musty فى الخيارو المخللات الأخرى بسبب أنزيمات الأكسدة وخاصة البيروكسيديز. والبسترة تتغلب على هذا الإنزيم . كما أن استعمال المبيدات الحشرية أثناء نمو الخضروات يسبب نكهة غير مقبولة للمخللات .

والمرارة من التغيرات الهامة فى طعم المخللات وهى تحدث عادة فى المخللات سريعة التخليل fresh pack ، وقد تكون المرارة بسبب عوامل وراثية فى الخيار ، والخيار المنزرع فى صوبات زجاجية أكثر عرضه لحدوث مرارة فى طعمه وخاصة صغير الحجم gherkins و ليس هناك طريقة للتغلب على مرارة الخيار إلا أن تخزين المنتج لمدة طويلة قد يسبب ضعف الطعم المر فقد وجد أن التخزين لمدة 3 شهور حول الخيار المر إلى خيار عادى الطعم.

قد ينتج تغير الطعم مصحوباً أيضاً بتغير فى الرائحة ويسمى بالتخمر البيوتريكى butyric acid fermentation . ويحدث بتحلل السكريات وتكون حمض البيوتريك قبل أن تقوم بكتريا حمض اللاكتيك باستهلاك السكريات ، ولذلك فهذا العيب يحدث فى المراحل الأولى للتخمر ، ويتميز برائحة زنخة قوية . وقد يحدث ضرر من استهلاك الزيتون الذى به هذا العيب. والتحول الذى يحدث فى السكريات يحدث بواسطة أنزيمات تفرزها سلالات عديدة من Clostridia .

5-فساد عين السمكة Fish eye spoilsge

هذا التغير خاص بالزيتون حيث تحدث ليونة فى جزء صغير من الثمرة حجمها حجم عين السمكة ويكون الجلد فوقها مجعداً . ويحدث هذا العيب من النشاط السريع لميكروب Aerobacter فيحدث تخمراً مصحوباً بغازات تؤدى إلى ظهور هذا العيب تحت الجلد . ويقترح للتغلب عليه إضافة 6% ملح طعام لمحلول القلوى الذى تزال به المرارة كما يمكن التغلب عليه بزيادة حموضة محلول التخليل فى أولى مراحله.

تذكر أن :-

صناعة التخليل قديمة استعملها الإنسان كوسيلة لحفظ الأغذية عن طريق إضافة ملح الطعام إليها على شكل محلول أو كملح جاف . وحفظت بها الخضروات والزيتون والسمك واللحوم .

يتوقف نوع التخمير الذى يحدث على الاتى : -

1-نوع الكائنات الحية الدقيقة الموجودة .

2-نوع البيئة وتركيبهما .

3-درجة الحموضة أو الـ pH المناسبة .

4-وجود أو عدم وجود الهواء .

أنواع التخمرات :

1-أكسدة كاملة : هدم المواد السكرية وخاصة الجلوكوز وتحويله إلى مركباته الأساسية اى ثانى أكسيد الكربون والماء .

2-أكسدة جزئية : تتحول المواد السكرية فى هذه الحالة إلى حمض يتأكسد فى النهاية الى غاز ثانى أكسيد الكربون والماء

3-تخمر كحولى : تحويل المواد الكربوهيدراتية الى كحولات

4-التخمر البيوتيرى : يقوم بهذا التخمر كائنات حية دقيقة ينتج عن نشاطها غير الهوائى مواد ذات طعم ورائحة غير مرغوبة .

5- تخمر لاكتيكى : وهو ذو أهمية كبيرة فى حفظ الأغذية بالتخليل وفيه يتحول سكر الغذاء الى حامض لاكتيك وبعض مركبات أخرى تتوقف كميتها على ظروف عملية التخمر وبالرغم من ذلك يمكن التحكم فى عملية التخمر حتى يسود فيها إنتاج حامض اللاكتيك .

يستخدم التخمر اللاكتيكى كإحدى طرق حفظ الخضروات المختلفة مثل الخيار – الكرنب – الزيتون – اللفت – الجزر – الفلفل وغيرها من الخضر والفاكهة . مثل استخدام ثمار المانجو فى بعض البلاد مثل الهند .

ملح الطعام :

1- **ملح الملاحات :-** ينتج من تجفيف مياه البحار كما يحدث في الملاحات

2-الملح الصخرى : ويستخرج من المناجم أو الصخور الملحية ولا يصلح لأعمال الصناعات الغذائية بحالته. كما أنه يفتقد لوجود اليود.

3-ملح السياحات . وهو خطر صحياً لأنه يحتوى على الملوثات الكيماوية والبيلوجية مثل المعادن الثقيلة والميكروبات الضارة بصحة الإنسان وهو ينتج

بطريقة بدائية بسيطة حيث تجمع الطبقات البيضاء التى تكونت من تجفيف مياه الأمطار والبرك والصرف الزراعى والصحى فى أماكن تجمع هذه المياه ويطحن ويعبأ ويباع فى بعض الأسواق وهذا النوع ممنوع عرض تداوله فى الأسواق.
والشروط الواجب توافرها فى الملح المستخدم هى :
1-لا تزيد نسبة الشوائب به عن 1%.
2-خلوه من أملاح الكالسيوم و المغنسيوم و الحديد للأسباب السابق ذكرها فى شروط الماء.
3-يكون مائلاً للحموضة لا يزيد رقم pH له عن 7
المحاليل الملحية.

تخليل الزيتون الأسود : والاختلاف الأساسى فى صناعة تخليل الزيتون الأسود عن تخليل الأخضر هى عملية التهوية أثناء المعاملة بالقلوى لإزالة المرارة ،

الاشتراطات العامة الواجب توافرها فى المخللات :-

أ-تكون خالية من الهرى و الجيوب الغازية و الحشرات أو أجزاءها .
ب-تكون خالية من المواد الملونة غير المسموح بها و المواد الحافظة غير المسموح بها .
ج- تكون خالية من آثار التعفن أو التخمر أو الروائح غير المرغوبة .
د- تكون خالية من الإصابات الفطرية و الحشرية .
هـ- يكون محلول التعبئة رائقاً فاتح اللون شفافاً خالياً من المواد المخاطية و الريم و المواد المترسبة أو العالقة.
و-تكون العبوات المستخدمة فى تعبئة المخللات نظيفة محكمة القفل وأن تطلى العبوات المصنوعة من الصفيح من الداخل بالورنيش الملائم للحموضة المرتفعة .
ز-أن يدون بخط واضح ثابت على العبوات البيانات التالية :-
* أسم الصنف .
* اسم المنتج وعلامته التجارية أو أحداهما .
* الوزن الصافى لمحتويات العبوة .
* المواد الملونة إن وجدت .
* عبارة إنتاج (ج.م.ع).

فساد المخللات

1- ليونة المخللات 2-تغير اللون 3 -وجود إنتفاخات غازية
4-تغير النكهة 5-فساد عين السمكة

الباب التاسع
عصير وشراب الفاكهة

يعرف عصير الفاكهة في المواصفات القياسية بأنه العصارة الطبيعية لثمار الفاكهة أو الخضر السليمة الناضجة غير المتخمرة ، المحتوى على اللب كله أو جزء منه والخالي من البذور والقشور والألياف الخشنة ، والمعامل بإحدى طريق الحفظ المناسبة وذلك في حالة عدم استهلاكه مباشرة بعد تحضيره على شرط أحتفاظه بأكبر قدر ممكن من صفاته الطازجة وقيمته الغذائية .

عصائر الفاكهة والخضر معروفة بغناها بالفيتامينات والأملاح المعدنية، وعصائر الفاكهة بها نسبة لا بأس بها من السكريات ، غير أن عصائر الفاكهة والخضر تعتبر عموماً فقيرة فى المواد البروتينية والمواد الدهنية .

وتكنولوجيا إنتاج العصير تطورت فى السنوات القليلة الماضية وأنتجت عصائر متعددة الأنواع والأشكال منها العصائر التقليدية وغير التقليدية وخلط أنواع مختلفة منها (كوكتيل Cocktail) وأنتج العصير الطبيعي بدون إضافة السكر والماء ، كذلك إنتاج مشروب العصير (النكتار Nectar) الذي يحتوى على جزء من العصير مع السكر والماء والمواد المضافة وهو الأكثر تداولاً في الأسواق كذلك إنتاج العصير المركز ومركزات العصائر ومشروبات العصائر المجففة وإنتاج شراب الفاكهة الطبيعي وغيرها من المنتجات التي يدخل في إنتاجها العصير .

1/9 خطوات صناعة العصير :

1-انتخاب المادة الخام :

أولاً : الأصناف : Varieties

ليست كل أصناف الفاكهة أو الخضر صالحة لصناعة العصير ، وعلينا أن نتخير الأصناف وفيرة العصير ذات النكهة القوية والطعم والرائحة المرغوبة والقيمة الغذائية العالية ، والتي تتحمل خطوات صناعة العصير دون أن تتغير إلى طعم مُرّ مثلاً مثل بعض أصناف الليمون ، ودون أن تفقد قدرا كبيراً من النكهة المميزة للفاكهة ، أو الخضر ، ودون أن تؤثر عمليات الصناعة على قدر كبير من قيمتها الغذائية ، كما يراعى في الصنف المختار أن يسهل أستخلاص عصيره بطريقة أقتصادية كما يجب أن تكون رغبة المستهلك موضع الاعتبار .

ثانياً : درجة النضج : Degree of maturity

وبعد انتخاب الصنف الأنسب يراعى أن تكون المادة الخام في درجة النضج المناسبة لهذه الصناعة ويتوقف ذلك على نوع الثمار وطريقة الأستخلاص .

ثالثاً : درجة جودة المادة الخام : Quality of raw material

يجب أن تكون المادة الخام سليمة خالية من الخدوش الميكانيكية والعفن والتخمر والفطريات وأية عيوب أخرى ، وكلما كانت المادة الخام ذات جودة مرتفعة كان الناتج النهائي عالي الجودة كما أن الخامات الرديئة لا يمكن أن ينتج عنها ناتج جيد ، وهذه قاعدة صحيحة في كل أشكال التصنيع الغذائي .

2-الفرز Sorting :

بعد استلام المادة الخام تجرى عملية فرز . وإذا كانت الميكنة قد شملت كثيراً من – بل معظم – العمليات داخل المصانع ، فإن عملية الفرز للخضر والفاكهة لازالت تحتاج على الأشخاص المدربين . وتفرز الخامات الزراعية المعدة لعمل العصير لاستبعاد التالف والمهشم ، وغير تام التلوين ، وغير مكتمل النضج المناسب ، والغرض من علمية الفرز استبعاد العيوب التي تؤثر على صفات الجودة في العصير النهائي .

يجرى الفرز بأن تمر الخامات أمام العمال على سير متحرك بحيث تكون الخامات في طبقة واحدة وتتعرض بجوانبها المختلفة أثناء مرورها أمام القائم بالفرز ، ولا يكتفي أن تمر أمام شخص واحد بل أمام أكثر من شخص لتلافى العيوب التي تكون قد أفلتت من فرز أول مرة .

وقد يجرى لبعض الثمار قطع بالسكين للجزء المناسب من الثمرة إذا كان باقي الثمرة صالحاً لتقليل فاقد الفرز دون التأثير على الجودة . . ففي بعض الأحيان تكون بعض الثمار ملونة من أحد جوانبها وأقل تلونا من جانب آخر ، أو يكون هناك خدش صغير فيقطع حوله بسكين وتستعمل باقي الثمرة .

3-الغسيل Washing :

الغسيل خطوة شديدة الأهمية وتؤدى إلى ما يأتي :

أ-التخلص مما يعلق بالخامات الزراعية من رمال وأتربة وطين ، وخاصة الملامس منها للأرض أثناء وجودها بالحقل مثل الجزر والفراولة والسبانخ والبطاطس .

ب-إزالة المبيدات الحشرية والفطرية والبكتيرية وهي مواد كيماوية قد تكون سامة، أو تؤثر على صفات العصير من طعم ولون ورائحة كما أن القوانين الغذائية

تضع حدوداً لما قد يوجد منها بالمنتجات الغذائية وإهمال إزالتها قد يجعل المنتج غير مطابق للمواصفات القانونية .

جـ-تؤدى عمليات الغسيل إلى تقليل الأحياء الدقيقة الملوثة للخامات ، وهذا يؤدى إلى زيادة كفاءة عملية الحفظ التي ستجرى فيما بعد .

طرق الغسيل :

1-**النقع Soaking** . يعتبر النقع في الماء عملية تمهيدية للغسيل ، إذ أن النقع يؤدي إلى تليين الطين والأوساخ الأخرى الملتصقة بالخامات فيسهل إزالتها بعمليات الغسيل التالية . وتنقع الفواكه والخضر في أحواض مغمورة في الماء ، وقد يكون ماء النقع مصدراً للتلوث إذا استعمل لمدة طويلة ، لذلك يجب تغييره من آن لآخر ، أو النقع في ماء جارٍ ، كما يمكن إضافة مواد مطهرة مثل الكلور ، وفي هذه الحالة يجب أن يتبع النقع غسيل جيد يكفي لإزالة كل آثار المادة المطهرة .

2-الغسيل بآلات الغسيل ذات الرذاذ Spray washers .

3-الغسيل بآلات الغسيل البرميلية الدوارة Rotary drum washers
(كما سبق شرحه).

4-استخلاص العصير Juice extraction or juicing عصير الفواكه عموماً حمضي التأثير ، وعصير الخضر غير حمضي (ما عدا الطماطم) والأحماض تؤثر على المواد المعدنية التي تتكون منها العصارات فتتآكل المعادن ويكتسب العصير طعماً معدنياً ، وقد يسبب التلوث المعدني تغييراً لصفات أخرى في العصير ، ولذلك يجب اختيار العصارات المصنوعة من مواد لا تتأثر بحموضة العصير ولا تؤثر في العصير ، وأحسن العَصَّارات هي التي تكون مصنوعة من الصلب عديم الصدأ Stainless steel أو الفضة الألمانية أو الصلب المطلي بالنيكل كروم Nickel chrome plated أو بانامل مناسب Enamel كما يستعمل خشب صلب لا يؤثر على طعم العصير – أو أية صفة أخرى فيه – في صنع مخاريط استخلاص عصير الحمضيات كالبرتقال ، ويصلح لهذا الغرض خشب الزان أو الأرو أو العزيزي .

والعصارات المصنوعة من معادن غير مناسبة قد تلوث العصير بالحديد فتعطى العصير طعم الحديد ، أو بالنحاس فيسبب تأكسد مكونات هامة مثل فيتامين C ، أو بالرصاص أو الزرنيخ وغيرها من المعادن السامة التي تحدد القوانين مدى التلوث بهما .

طرق استخلاص العصير :

تختلف طرق استخلاص العصير من مادة إلى أخرى حسب عدة عوامل تحدد الطريقة المناسبة ومن هذه العوامل :

1-الصورة التي يوجد عليها العصير : ففي الحمضيات (الموالح) كالبرتقال نجد أن اللب يوجد موزعاً في فصوص . وفى العنب يوجد العصير داخل الثمرة دون حواجز كالتي في الموالح . من ذلك نرى أنه يجب إتباع طريقة الاستخلاص المناسبة لكل نوع من الثمار حسب ظروف وجود العصير بها .

2-عوامل تتعلق بمواد يجب المحافظة على وجودها بالعصير : مثل مكونات النكهة واللون والطعم والرائحة وكذلك المواد التي تعطى المظهر العكر في الموالح .

3-عوامل تتعلق بمواد غير مرغوبة يلزم أن يكون العصير خاليا منها ومن أمثلتها :

أ- زيوت قشور الموالح ، ونسبة الزيت – المواد المرة .

ب- المواد القابضة التنينية .

ج- المواد الراتنجية في قشور المانجو .

د- طرطرات البوتاسيوم وهي مادة توجد في عصير العنب .

4-عوامل اقتصادية . فقد يكون هناك للمادة الواحدة أكثر من طريقة تصلح لاستخلاص العصير منها ؛ فيختار منها أقلها تكلفة وما يعطى أكبر نسبة من التصافي ، كما يوضع في الاعتبار عمر الآلة المستعملة حيث تفضل التي تتحمل العمل لمدة أطول ، والأقل تعقيداً في التشغيل والتي لا تحتاج إلى عمليات صيانة متكررة في فترات متقاربة .

معاملات ما قبل الاستخلاص :

قد يسبق الاستخلاص تقشير كالمانجو للتخلص من الطعم الراتنجي الموجود بالقشور وكذلك الطعم القابض واللون الأخضر في بعض الأنواع ، كما يهرس التفاح لتسهيل الاستخلاص بآلات العصير ، ويسخن العنب لتحسين اللون والطماطم لإنتاج عصير ذو جودة مرتفعة وثمار البرتقال في المصانع لسهولة أستخلاص العصير، وتزال الطبقة الشمعية التي على قشور القصب ، وتزال الأعناق الخضراء في ثمار الفراولة وهذه العمليات قد تجرى بماكينات ، كهرس التفاح بطواحين حجرية أو معدنية ، أو باليد كإزالة الأعناق الخضراء في الفراولة .

أهم الآلات المستخدمة في استخلاص العصير :

1-عصارات المكابس ذات الأقفاص Basket press . وهى عبارة عن قفص كبير جداره الخارجي من معدن مثقب أو عبارة عن سدايب (شرائط) من

الخشب الذي يتحمل الضغط ، تحصر بينها مسافات . والثقوب أو المسافات تسمح بمرور العصير إلى خارج القفص . يضغط على الثمار الموضوعة في القفص من أعلى إلى أسفل بواسطة ثقل بحركة ضاغط حلزوني في مركزه ، ويؤدي ذلك إلى استخلاص العصير وبقاء الألياف والبذور Residue or cake داخل القفص .

2-**مكابس ذات الألواح والقماش Plate and cloth bag press** . وفيها تعبأ الثمار المراد استخلاص عصيرها في أكياس من القماش (قطني أو صوفي أو من نسيج خيوط صناعية . . .) وتوضع الأكياس فوق بعضها البعض متبادلة مع ألواح من الخشب أو من معدن مناسب ، ويسلط عليها ضغط من أسفل على أعلى فيؤدي الضغط إلى خروج العصير من ثقوب نسيج الأكياس وتظل البقايا Residue or cake في الأكياس . كلاً النوعين 1 ، 2 يصلح للثمار اللَّبية العصيرية مثل العنب والفراولة والتفاح المهروس .

3-**العصارات المخروطية** . وهي عصَّارات ذات أقماع مخروطية Conical resettes سطحها به نتوءات طولية تستعمل للموالح مثل البرتقال ، وعندما تدور الأقماع ويضغط عليها بأنصاف الثمار ينفصل العصير وزيادة الضغط تؤدى إلى انفجار الحويصلات التي بالقشور الملونة والتي تحمل الزيوت الطيارة فيتلوث بها العصير .

4-**آلات العصير ذات الذراع الحلزونية** . تستعمل كثيراً للعنب وهي تشبه – شكلاً – مفرمة اللحم المنزلية مع اختلاف في أن جدار الأسطوانة الأفقية مثقب أو على شكل سدابات بينها مسافات يخرج منها العصير ، أما البقايا الصلبة من الثمار فتسير بحركة الذراع الحلزونية إلى آخر الأسطوانة حيث تخرج من ثقوب كبيرة في آخر الأسطوانة .

5-**عصارات منزلية إما يدوية أو كهربائية** مثل عصارات الجزر والخلاطات الكهربائية وعصارات الطماطم اليدوية .

6-**عصارات ذات اسطوانتين أو ثلاث** وهى تستعمل خاصة لعصير القصب حيث يدفع عود القصب بين الأسطوانتين أو الثلاث أسطوانات فيعصر بضغط الأسطوانات على بعضها البعض والعود محصور بينها . والعصارات عبارة عن بطارية مكونة من عدة أزواج أو ثلاثات من الأسطوانات ويتعرض العود بعد كل عملية عصير على دش ماء حيث يتشرب العود بالماء ليسهل استخلاص كل السكر الموجود بالعيدان ، والبطارية تقاس كفاءتها بانخفاض أو انعدام السكر

بالمصاص بعد آخر مجموعة أسطوانات وتستخدم في صناعة السكر من قصب السكر في المصانع .

5-التصفية Screening or straining

يقصد بهذه العملية فصل الأجزاء ذات الحجم الكبير كالقشور والألياف الخشنة والبذور . . . إلخ ويمكن استعمال مصافي معدنية تشبه المصافي المنزلية المستعملة للطماطم ، كما يستعمل قماش الجبنة أو الشاش Cheese cloth وذلك في الكميات الصغيرة والمصافي الأسطوانية والمصافي الهزازة على مستوى الكميات الكبيرة .

6-الترشيح Filtration

عملية التصفية السابقة تعتبر خطوة تمهيدية للترشيح وبعد التصفية تبقى في العصير أجزاء عالقة من الألياف والقشور لم تزلها عملية التصفية لدقتها عن ثقوب المصافي ويلزم للتخلص منها إجراء عملية ترشيح .

ويجرى الترشيح بإمرار العصير خلال قماش دقيق النسيج أو طبقة من القطن فتحجز الأجزاء العالقة ويمر العصير وقد تستعمل المرشحات ذات ألواح الأسبستس أو اسبستس مع القطن للترشيح وهي شائعة بالمصانع و يجرى الترشيح بضغط العصير في المرشح حيث تحجز الأجزاء العالقة ويمر العصير مرشحاً ، والتصفية ضرورية قبل الترشيح لأن الأجزاء الكبيرة تسد ثقوب الترشيح فتجعل العملية صعبة. ويلزم من وقت لآخر تغيير مادة الترشح (الشاش أو الاسبستوس أو القطن) بعد ترسب كمية من المواد العالقة عليها التى تسد ثقوب مادة الترشيح وإلا أصبحت عملية الترشيح صعبة وبطيئة .

7-الترويق Clarification

فى بعض أنواع العصير يستحب أن يكون العصير رائقاً شفافاً مثل عصير التفاح وعصير العنب وغيرهما ، وفي بعضها الآخر مثل الموالح والمانجو والجوافة والطماطم فلا يجرى لها ترويق وذلك لأن المواد المكسبة للنكهة أو اللون أو الطعم أو الرائحة قد تكون موجودة على صورة غير ذائبة في العصير ، وفصل المواد غير الذائبة يؤدى إلى فقد هذه المواد الهامة .

ويقصد بالترويق إزالة أجزاء أدق حجماً من الأجزاء التي أزيلت في عملية التصفية وعملية الترشيح السابقتين ، أي أن عمليات التصفية والترشيح والترويق

مكملة لبعضها البعض ، ومن أمثلة المواد التي تزيلها عملية الترويق الصموغ والمواد البكتينية والمواد البروتينية وكلها توجد على شكل غرويات في العصير .

طرق الترويق :

1-أبسط الطرق للترويق هي الاعتماد على الجاذبية الأرضية ، حيث يترك العصير ساكناً to settle لمدة قد تمتد حتى 6 شهور في درجة حرارة منخفضة ما أمكن قرب درجة التجمد دون الوصول إليها . قد تستعمل هذه الطريقة لعصير العنب لترسيب الطرطرات ، وأحياناً يكون الغرض منها بجانب ترسيب المواد العالقة تعتيق العصير بحيث يكتسب طعماً أفضل .

2-الترويق بالحرارة High temperature clarification . المعروف أن الحرارة المرتفعة تجمع الغرويات ، وعندما يزداد حجم الحبيبات أو تتجمع مع بعضها ترسب فيتم فصلها بالترشيح .

3-الترويق بحرارة منخفضة – بالتجميد . المعروف أن التجميد يسبب تغييراً فى بعض الخواص الغروية ، وعند صهر المادة المجمدة تترسب المواد العالقة بسهولة . تطبق هذه الطريقة على عصير التفاح وعصير العنب .

4-الترويق بالمواد المجمعة للغرويات . المعروف أن المادة الغروية تكون ذات شحنة معينة – سالبة غالباً – وتظل عالقة على شكل غروي طالما أن الشحنة لم تتعادل ، فإذا أضيفت إليها مادة تحمل شحنة مخالفة لشحنتها فإن الشحنتين تتعادلان فترسب حبيبات المادة الغروية .

5-الترويق بالإنزيمات Enzymatic clarification . توجد بالثمار كثير من الإنزيمات بعضها يكون نشطاً وبعضها لا ينشط إلا بعد ان يستخلص العصير. من الإنزيمات التي تنشط بعد استخلاص العصير بكتين استيريز .

قد يكون الترويق غير مرغوب كما في البرتقال والطماطم ، لهذا فإن وجود الإنزيمات البكتينة غير مرغوب ، لذلك تجري عملية تثبيط لها بالحرارة غالباً ، وهناك طرق أخرى لمنع حدوث ترويق في مثل هذه الأنواع من العصير سنتحدث عنها في حينها وخاصة في صناعة شراب الفاكهة الطبيعى .

8- خلخلة الهواء Deaeration :

الهواء يوجد في العصير ذائباً ذوباناً حقيقياً أو محجوزاً في المسافات البينية بين خلايا أنسجة الثمار أو مدمصا على أجزاء اللب الدقيقة . ويهمنا من مكونات الهواء الأكسيجين ، وله عدة تأثيرات ضارة على العصير وخاصة إذا حدثت معاملة حرارية مثل البسترة فيجتمع فعل الحرارة والأكسيجين فيؤدى ذلك إلى :-

أ- أكسدة فيتامين جـ بمساعدة إنزيم أسكوربيز Ascorbase .
ب- أكسدة بعض المركبات التي تؤثر تأثيراً سيئاً على اللون أو الطعم أو الرائحة أو النكهة .
جـ- وبالإضافة إلى ذلك فإن وجود الهواء يسبب انتفاخ العلب كما يسبب تآكل معدن العلب .

ومن طرق التخلص من الهواء ما يأتي :

1-استخدام غاز خامل ، وأهم الغازات المستعملة لذلك هي النتروجين وذلك بأن يُدفع النتروجين في العصير على شكل فقاعات غازية وهي تطرد الأكسيجين
2-معاملات إنزيمية حيث يعمل إنزيم Glucose oxidase على أكسدة بعض الجلوكوز الموجود في العصير ، ويستهلك في هذه العملية الأكسيجين الموجود بالعصير .
3-تسخين العصير لطرد الغازات .

2/9 حفظ العصير :

عصير الفواكه والخضر بيئة صالحة لنمو وتكاثر كثير من الأحياء الدقيقة المسببة للفساد بسبب ارتفاع الرطوبة الحرة ، ووجود كثير من المواد التي تحتاجها هذه الأحياء الدقيقة وكذلك بفعل الإنزيمات ، لذلك فهو عرضه للفساد السريع فالعصير يمكن حفظه بشتى الطرق المعروفة وهي الحرارة المرتفعة (بسترة أو تعقيم تجاري) ، بالحرارة المنخفضة (تبريد وتجميد) ، بالتجفيف على هيئة مسحوق أو لفائف (مثل لفائف قمر الدين والجوافة) ، بالمواد الحافظة الكيماوية (مثل ثاني أكسيد الكبريت وحمض البنزويك وأملاحه) ، وبالتجفيد .

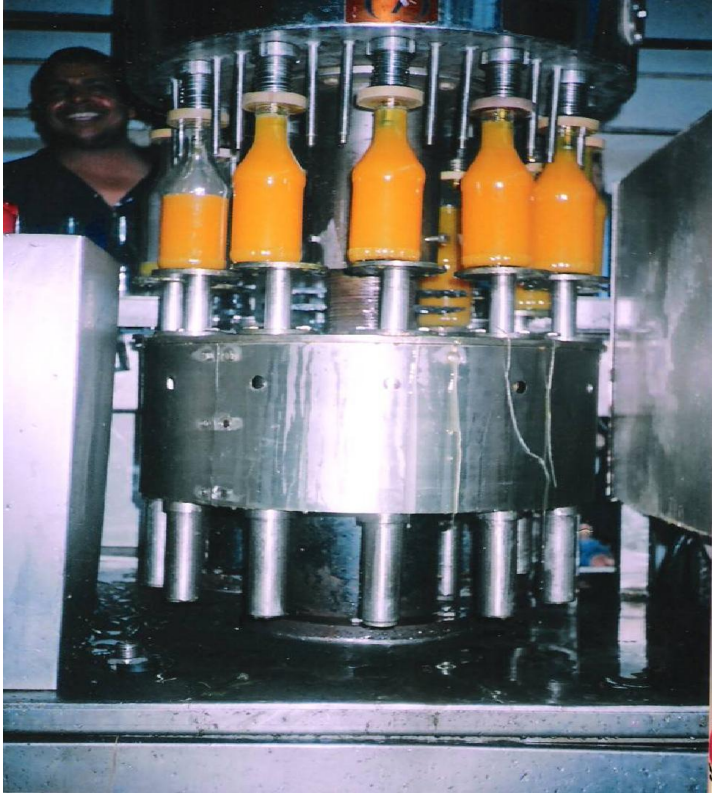
1-الحفظ بالحرارة المرتفعة :

أ-**البسترة Pasteurization** . يتعرض العصير للبسترة على درجة حرارة أقل من درجة غليان الماء بإحدى طريقتين :

- بسترة بطيئة على 160°ف لمدة ساعة وهذه أصبحت غير شائعة.
- بسترة سريعة على 190°ف ولمدة ثوان قليلة وتسمى flash pasteurization ويتبعها تبريد مفاجئ سريع وتسمى أيضاً HTST أي البسترة على درجة حرارة عالية لمدة قليلة high temperature short time .

وقد تحدث البسترة قبل التعبئة ثم تعبأ العبوات بالعصير وتقفل وتؤدي حرارة العصير إلى تعقيم الأوعية ، وفي هذه الحالة تقلب الأوعية على أغطيتها قبل التبريد لتعقيم الأغطية وقد تعبأ الأوعية ثم تعامل المعاملة الحرارية المطلوبة.

ب–التعقيم التجاري . إذا رغب في حفظ العصير لمدد طويلة أطول من مدة حفظه بالبسترة فإنه يلجأ إلى التعقيم التجاري أي على 100م° لمدة تختلف باختلاف حجم العبوات والعوامل الأخرى التي تؤثر في اختيار درجة الحرارة مثل رقم الحموضة (رقم pH) ولزوجة العصير ودرجة التلوث الابتدائي . . . إلخ . العبوات قد تكون علب صفيح cans أو زجاجات bottles أو عبوات ورقية مبطنة من الداخل بغشاء من البولي إيثيلين Polyethylene أو غيره من المواد التي استحدثت في السنوات الأخيرة . وقد يكون التبطين بورق قصدير أو لفائف الألومنيوم aluminium foil . وشركات إنتاج الغذاء وتعبئته قامت بتوفير أنظمة معالجة للأغذية وتعبئها ، حيث قامت بتطوير تقنية العبوات المعقمة Aseptic التي تحمى كافة المحتويات الغذائية للمادة المعبأة وتحافظ على جودتها في درجات الحرارة العادية من دون الحاجة إلى التبريد أو استخدام المواد الحافظة وتكون هذه العبوات من عدة طبقات لضمان حماية محتوياتها من الضوء والأكسيجين والبكتريا والمواد المسببة لتلف الأغذية وتغلق العبوات بطريقة تحافظ على حماية المنتج لمدة أشهر وهذا النظام يعرف باسم الـ Tetra pak .ويوضح الشكل رقم (9–1) صورة عملية لالة تعبئة العصير فى عبوات زجاجية.



شكل رقم (9–1) آلة تعبئة العصير في عبوات زجاجية

2–الحفظ بالحرارة المنخفضة :

أ–الحرارة المنخفضة إما أن تكون تبريداً Refrigeration or Chilling . أي على درجة حرارة منخفضة لا تصل إلى درجة تجمد العصير ، وهي قد تحفظ العصير لمدة قصيرة قد تكون عدة أيام ، وقد تكون مصحوبة بطريقة حفظ أخرى مثل البسترة ، ثم الحفظ بالتبريد .

ب–وقد يكون الحفظ بدرجة حرارة منخفضة تصل إلى درجة تجمد العصير أو أقل freezing preservation . والتجميد لا يتلف الإنزيمات ولا يقتل كل الأحياء الدقيقة الملوثة للعصير لذلك فلا يعتبر العصير المجمد معقماً ويحسن إجراء بسترة للعصير المراد تجميده ، ثم يبرد ويعبأ في الأوعية المناسبة كالصفيح أو الكرتون ، المشمع ويجب أن نضع في اعتبارنا أن المادة عندما تتجمد يزيد حجمها لذلك فلا تملأ الأوعية إلى أخرها وإلا انفجرت عندما تتجمد .

وطريقة الحفظ بالتجميد طريقة مستديمة أي تحفظ العصير لمدة طويلة ربما لعدة شهور وهي أحسن الطرق من حيث المحافظة على الصفات الحسية من طعم ورائحة ونكهة ولون وقيمة غذائية إذا قورنت بأية طريقة أخرى ، وقد يقف معها على نفس المستوى من الجودة من طرق الحفظ التجفيد .

3–الحفظ بالمواد الحافظة الكيماوية

Preservation by chemical preservatives

تستعمل بعض المواد الحافظة الكيماوية لحفظ العصير . ويشترط في المواد التي تستعمل ألا تؤثر في الطعم أو الرائحة ، أو النكهة ، أو اللون ، وأن تكون نسبة إضافتها حسب النسب المحددة في التشريعات الغذائية ، وأن يكون لها تأثير فعال في منع الفساد في العصير . وبعض البلاد تحرم استعمال هذه المواد، وبعضها يبيحها بشرط الإعلان عنها على بطاقة المادة الغذائية .

4-**الحفظ بالغازات الخاملة Preservation by inert gases**

الغاز الخامل المستعمل غالباً هو ثاني أكسيد الكربون ، ويستعمل تحت ضغط مرتفع .

5-**الحفظ بالتجفيف Preservation by dehydration**

أحسن مثال لذلك هو تجفيف عصير المشمش إلى لفائف sheets تسمى قمر الدين وهو إنتاج شائع في البلاد العربية وغير معروف في العالم الغربي ، كما نجحت الطريقة نفسها في إنتاج لفائف من عصير المانجو والجوافة .

وهناك تجفيف إلى مسحوق أو مسحوق حبيبي كما في عصير البرتقال سريع الذوبان وكذلك تجفيف مسحوق عصير الطماطم .

6-**الحفظ بالتجفيد Preservation by freez-drying**

تعتبر هذه الطريقة من أحسن الطرق لحفظ العصير من حيث احتفاظه بخواصه الحسية وقيمته الغذائية ، وإذا قورن بالتجفيف العادي فإنه يفوقه من حيث سهولة استرجاعه بالماء . وجهاز التجفيد يسمى freeze dryer ويعبأ العصير المجفد في عبوات مفرغة من الهواء ويحكم قفلها ، وأحيانا تعبأ تحت ضغط غاز النيتروجين .

3/9 منتجات العصائر:

نكتار الفواكه والعصير المحتوي على اللب

يستعمل في الصناعة اسم نكتار الفواكه nectar fruit للدلالة على عصير فاكهة لبية pulp fruit juice مخلوطاً بمحلول سكري وحمض عضوي لتحضير مشروب مقبول جاهز للشرب ready to drink ولا يمكن تسميتها عصير فاكهة بسبب ما أضيف إليها من ماء وسكر وحمض .

فبعض أنواع الفواكه يكون عصيرها إما شديد الحموضة ، أو النكهة شديدة بحيث لا يصلح كمشروب مقبول إلا بعد أن يخفف هذا العصير ، أو بخلطه بعصير آخر ، أو بالتخفيف والخلط بعصير آخر معاً ، وغالباً ما تصبح هذه

العصائر الحادة الطعم لذيذة بعد التخفيف بشراب به نسبة منخفضة من السكر thin syrup أو بعصير خفيف النكهة . ومن أمثلة هذه العصائر عصير المشمش apricot ، عصير الجوافة guava وعصير البرقوق (الدراق أو البخاري) .

كثير من هذه المنتجات تحتوي على الأقل على 50% من العصير النقي (35% فأكثر حسب المواصفات المصرية) ، وقد يضاف لها المواد المتطايرة essences وبكتين وسكر وحمض وفيتامينات . وقد يكون العصير المستعمل في صناعة هذه المنتجات طازجاً غير مركز fresh single strength ، أو مركز أو مجمداً ، أو معلباً ، أو على شكل عجينة فاكهة puree ، وتسمح القوانين بأن يضاف له مواد صناعية مكسبه للنكهة artificial flavor ، وألوان صناعية من المسموح بها قانوناً ، ومواد إضافية أخرى other additives ، ومواد التحلية sweeteners قد تكون سكروز ، أو شراب سكر محول invert sugar syrup ، أو شراب جلوكوز الذرة المجفف dried corn syrup . أما الأحماض فقد تكون عصير الليمون أو حمض الستريك أو حمض الماليك أو حمض الفيوماريك fumaric acid ، كما قد يضاف حمض الأسكوربيك كمضاد للأكسدة . و هناك مايسمى بالمشروبdrink يحتوى على10% فأكثر من العصير النقي حسب المواصفات المصرية.

عصير البرتقال فوري الاسترجاع

Instant orange juice

يعمل منتج خاص من عصير البرتقال يجفف إلى مسحوق سريع الاسترجاع بالماء reconstitution . في هذا الإنتاج يستعمل العصير المركز ويجفف تحت تفريغ . والمسحوق المجفف الناتج هش القوام لوجود ثقوب في حبيباته ، ويحتوي على 3% فقط رطوبة ، وهو مادة هيجروسكوبية ، لذلك يعبأ في عبوات بها مواد مجففة تؤدي إلى خفض رطوبته إلى 1% .

يلاحظ أنه أثناء عملية التجفيف بالتفريغ puff drying تفقد معظم المواد الطيارة المسئولة عن النكهة ، لذلك يضاف زيت القشور المستخلص بالضغط على البارد cold pressed peel oil مذاباً في سوربيتول .

وقد ظهرت في سنة 1959 طريقة جديدة للتجفيف بالرغوة والعصير موجود على حصيرة مثقبة foam mat drying حيث تضاف للعصير مادة مثبتة للرغوة مثل جليسريد أحادي لحمض دهني صالح للأكل ، كما توجد مواد أخرى مساعدة

على ثبات الرغوة foam stabilizers مثل سليلوز الميثيل methyl cellulose وهو عديم الطعم ويضاف بنسبة 0.5% ، ويخفق العصير بمضرب يؤدي إلى تحويل العصير إلى رغوة أي أن العصير يتحول إلى فقاعات يحيط بها أغشية رقيقة من العصير . تفرش الرغوة على حصيرة mat في طبقة رقيقة ، ويجفف على الضغط الجوي العادي بالهواء الساخن ويدفع الهواء خلال ثقوب الحصيرة من أسفل إلى أعلى كما يمر تيار من الهواء فوق العصير مواز لسير الحصيرة المتحركة . ووجود العصير على شكل غشاء رقيق في الرغوة يسرع من التجفيف لدرجة كبيرة ، ولا يحدث تغير واضح في نكهة العصر بهذه العملية .

يستغرق التجفيف بهذه الطريقة 10–12 دقيقة فقط ، وتكون نسبة الرطوبة في المنتج النهائي 1% ، وبعد التجفيف يضغط بين أسطوانتين لتحويله إلى رقائق flakes تطحن فتحول إلى حبيبات خشنة قابلة للذوبان في الماء بسهولة وسرعة ، يدعم العصير الناتج بنكهة زيت القشور وكذلك بإسنس (المواد الطيارة) لعصير البرتقال .

عصير الفاكهة المركز

هو عصير الفاكهة الطبيعى الذى يتم تركيز المواد الصلبة الكلية الذائبة فيه وبحيث لا تقل عن 40% من العصير إلا إذا نص على غير ذلك المواصفات النوعية وقد يضاف إليه سكروز لرفع تلك النسبة بشرط توضيحها على البطاقة.

استخدامات العصير المركز :

1–يمكن إعادة تخفيفه واستخدامه كعصير طازج .

2–يستخدم في تحضير الشراب الأساسي في مصانع المياه الغازية .

3–يمكن استخدامه في تصنيع الجيلي ومنتجات المخابز .

مميزات وفوائد العصير المركز :

1–خفض نسبة الرطوبة في العصير المركز يسهل عملية حفظه لارتفاع نسبة المواد الصلبة الكلية به .

2–خفض نسبة الرطوبة في العصير المركز يقلل حجمه مما يسهل نقله وتداوله .

طرق الحصول على العصير المركز :

تعتمد جميع الطرق الأتي ذكرها على نزع الرطوبة بدرجات متفاوته للحصول على عصير مركز بدرجات تركيز متباينه حسب المطلوب وفيما يلي أهم هذه الطرق :

1–التركيز بالحرارة تحت الضغط الجوى العادي :

حيث يسخن العصير في هذه الحالة في أواني مفتوحة (حلل) تحت الضغط الجوى العادي وعلى درجات حرارة مرتفعة (درجة الغليان) وتزداد ارتفاعاً بازدياد تركيز المواد الصلبة الذائبة في العصير نتيجة فقد الرطوبة منه. وبالرغم من رخص هذه الطريقة إلا أن العصير المركز الناتج يفقد الكثير من الصفات المرغوبة في العصير الطازج حيث يتغير لونه إلى اللون الداكن ويكتسب طعماً مطبوخاً مع فقد معظم الفيتامينات الموجودة به ، وهذا يحد من استخدام هذه الطريقة فى تركيز العصائر وتكاد تكون مقصورة على تركيز عصير القصب لصناعة العسل الأسود وصناعة صلصة الطماطم في المنازل مع انخفاض خواص الجودة في الصلصة المحضرة بهذه الطريقة بدرجة كبيرة .

2-**التركيز بالحرارة تحت تفريغ : Concentration under vacuum**

وفي هذه الطريقة يتم تركيز العصير على درجة حرارة منخفضة عن تلك المتبعة في التركيز تحت الضغط العادي وذلك بسب استخدام التفريغ حيث يؤدى الأخير إلى انخفاض درجة غليان العصير ، ويتوقف مقدار الانخفاض الحاصل لدرجة الحرارة على مقدار التفريغ المستخدم حيث كلما زاد المستخدم كلما انخفضت درجة غليان العصير . وانخفاض درجة غليان العصير بجانب عدم وجود الهواء في حيز أو أوعية التركيز يؤديان إلى الحصول على عصير مركز يحتفظ بمعظم مكوناته من الفيتامينات والصبغات والمواد المسئولة عن النكهة الطبيعية للعصير وذلك بسبب عدم تعرض هذه المركبات للحرارة العالية أو الأكسدة ، والمتبع استخدام تفريغ يتراوح بين 24-26 بوصة زئبق حيث تحت هذه الظروف فإن الماء يغلى على درجة 57 - 60 م° على أن يؤخذ فى الاعتبار أن درجة غليان العصير ترتفع عن درجة غليان الماء بمقدار 5 م°، وتتم عملية التركيز تحت تفريغ في حلل خاصة مزدوجة الجدران عادة تسخن بالبخار أو بالكهرباء وتصمم بحيث تتحمل التفريغ العالي بداخلها .

2-**التركيز بالتجميد : Concentration by freezing**

يمتاز العصير المحضر بهذه الطريقة بوفرة مكونات الطعم واللون والرائحة به عن العصير المركز المحضر بالطرق الأخرى ، ويحتفظ العصير المحضر بهذه الطريقة بمعظم صفاته الطبيعية والكيماوية بسبب عدم التعرض للحرارة وبطء التغيرات الكيماوية والإنزيمية به .

تعتمد الطريقة على انه عند تجميد العصير الطازج بسرعة فان الماء الموجود بالعصير يتحول إلى بلورات ثلجية ويتبقى جزء من الرطوبة ذائب به المواد

الصلبة الذائبة في صورة محلول مركز غير متجمد ثم يجرى بعد ذلك عملية طرد مركزي حيث تنفصل بلورات الثلج من المحلول المركز والذي تتركز به المواد الصلبة الموجودة في العصير ثم يؤخذ هذا المحلول الأخير ويجمد على درجة حرارة أكثر انخفاضاً وبذلك يمكن فصل جزء من الماء بالطرد المركزي في صورة بلورات ثلج وهكذا تكرر العملية عدة مرات حتى يتم الحصول على التركيز المطلوب .

التطورات التكنولوجية الحديثة لطرق تركيز عصائر الفاكهة والخضروات :

نظراً للمشاكل العديدة تعترض طريق تركيز عصائر الفاكهة والخضروات بالتركيز تحت تفريغ أو التركيز بالتجميد فقد تم وضع عدة تعديلات لتحسين كفاءة هذه الطرق في التركيز مع المحافظة على مكونات الطعم والرائحة والقيمة الغذائية للعصائر المركزة الناتجة كما يتضح مما يأتي :

1- **طريقة فصل اللب عن السيرم : Serum pulp method**

وهى من الطرق الحديثة وفيها يتم إجراء عملية طرد مركزي للعصير الطازج حيث ينفصل إلى جزئين الأول وهو اللب Pulp حيث يفصل ويوضع في جو بارد والجزء الثاني وهو المحلول المعلق به اللب ويطلق عليه السيرم Serum . ونظراً لأن معظم مكونات الطعم والرائحة للعصائر تتركز في اللب وكذلك الفيتامينات غير الذائبة في الماء فإن الجزء (اللب) يحفظ في الثلاجة ولا يتعرض لأي معاملات تركيز أما السيرم فإنه يتم تركيزه تحت تفريغ أو يجمد ويركز بالتجميد إلى الدرجة المطلوبة (80-70بركس) بعدتركيزالسيرم فإنه يعاد خلطه باللب للحصول على عصير مركز ذو صفات ممتازة (55° بركس) ولا بد أن نذكر هنا أن العصير المركز بتجميد السيرم يفوق ذلك المركز بتركيز السيرم تحت تفريغ .

2-**طريقة التركيز تحت تفريغ مع فصل الأروما :**

Vacuum stripping of aroma

تعتمد هذه الطريقة على توصيل حلل التركيز تحت تفريغ(28 ملم زئبق) بوحدات يطلق عليها مصايد الأروما أو النكهة Traps تركب بعد المكثف وتعمل على فصل مركبات الأروما من البخار ويستخدم الـ Trap الأول والذي يحتوى على جلسرين مع كبريتات صوديوم لا مائية لفصل الرطوبة وامتصاصها، أما مجموعة Traps التالية فتوضع في حوض يحتوى على مخلوط من الثلج الجاف وكحول الأيزوبروبيل وهذا المخلوط يمكن منه الحصول على درجة تجميد تصل إلى – 50°م مما يسهل عليه اصطياد مركبات الأروما بها ومركبات الأروما المفصولة في النهاية يعاد خلطها مع العصير المركز .

3-طريقة تجفيف العصير المركز بعصير طازج : Cut back method

في هذه الطريقة فإن العصير المركز تحت تفريغ يتم التغلب على مشكلة فقد الأروما منه عن طريق تركيزه إلى درجة تركيز أعلى من المطلوبة فى المركز النهائي ثم يتم تخفيفه بجزء من العصير الطازج لتعويض نقص الأروما به وتؤدي عملية التخفيف هذه إلى خفض تركيز العصير المركز إلى درجة التركيز المطلوبة في العصير النهائي . والمعتاد في هذه الطريقة أن يركز العصير الطازج تحت تفريغ حتى تصل المواد الصلبة الذائبة إلى 50-55° % ثم يخفف بعد تبريده بالعصير الطازج ليصل التركيز النهائي إلى 41-43% مواد صلبة ذائبة .

حفظ العصير المركز : وذلك بأحد الطرق الآتية :

1-البسترة : وتستخدم لهذا الغرض البسترة السريعة على درجة 85°م لمدة دقيقة واحده يعقبها تبريد وذلك للعصير المعبأ في عبوات .

2-استخدام المواد الحافظة ومنها بنزوات الصوديوم بتركيز 0.1% أو يمكن استعمال أحد أملاح حمض الكبريتوز .

3-التجميد على درجة -40°م والحفظ على درجة -20°م وتعد هذه أفضل طرق حفظ العصير المركز من حيث المحافظة على مكونات الأروما والفيتامينات خلال التخزين .

4/9 شراب الفاكهة

الشراب قد يكون طبيعياً وقد يكون صناعياً ، فشراب الفاكهة الطبيعي هو عبارة عن عصير فاكهة طبيعي أضيف إليه مادة سكرية وحمض عضوي ، ومعامل بإحدى طرق الحفظ ، أما الشراب الصناعي فلا يستخدم في صناعته عصير طبيعي بل يضاف للمحلول السكري المركز المحمض بحمض عضوي مادة كيماوية مكسبة للنكهة flavoring وتسمى أيضاً إسنس essence ، وهذه النكهة شبيهة بنكهة أحد أنواع العصير الطبيعي ، وقد يضاف له لون صناعي ويعامل الناتج النهائي بإحدى طرق الحفظ .

والشراب - سواء الطبيعي أو الصناعي - يخفف بالماء عند استهلاكه حتى تكون نسبة السكر بعد التخفيف مقبولة لدى المستهلك .

صناعة الشراب الطبيعي

المواد اللازمة لصناعة الشراب الطبيعي هي :

1-عصير الفواكه الطبيعي ، وقد يكون عصيراً طازجاً ، أو معلباً ، أو مجمداً ، أو مركز ، أو مجففاً ، أو مجفداً .

2-المادة السكرية : وقد تكون السكروز أو الجلوكوز ، أو عسل الجلوكوز ، أو محلول السكر المحول inverted sugar والذي حول فيه السكروز إلى جلوكوز وفركتوز بالأحماض أو بالإنزيمات .

3-الحمض : والأحماض المستعملة هي غالباً عضوية مثل الستريك والماليك والطرطريك وقد يضاف عصير الليمون كمصدر للحمض ، كما يستعمل حمض الفوسفوريك أحياناً .

4-أحياناً يكون عصير الفواكه فقيراً في مكونات النكهة لذلك يعوض انخفاض مكونات النكهة بمواد صناعة (إسنس) ومن أمثلة ذلك الرُمَّان .

5-يضاف أحياناً مواد ملونة صناعية مسموح بإضافتها قانوناً لتحسين لون المنتج النهائي .

عموماً فإن المتبع أن يحضر شراب الفاكهة بتركيز يتراوح بين 55-60% مواد صلبة كلية ذائبة ، ويحدد هذه النسبة نوع الفاكهة المصنع منها الشراب حيث تستخدم التركيزات الأقل (45%) في حالة الفاكهة الفقيرة في الطعم والرائحة مثل الرمان وذلك لأنه كلما زاد تركيز السكر في الشراب كلما زادت كمية الماء المضافة للشراب لتخفيفه عند تناوله مما يؤدى إلى تخفيف طعمه بدرجة غير مقبول للمستهلك .

طريقة تحضير شراب الفاكهة :

1-استخراج العصير : حيث يتم اختيار الأصناف المناسبة من الثمار لعملية العصير ويجرى استخراج العصير كما سبق ذكره تحت موضوع العصير (غسيل – فرز – عصير – تصنيع) .

2-إضافة السكر : يحدد تركيز السكر المستخدم درجة تركيز النكهة الطبيعية للفاكهة ودرجة نضج ودرجة حموضة العصير على أن التركيز المستخدم يتراوح بين 55-60% والشائع هو استخدام تركيز 55% ولحساب كمية السكر الواجب إضافتها لرفع التركيز إلى التركيز المطلوب لابد من قياس تركيز المواد الصلبة الذائبة في العصير المراد تحضير شرابه وذلك باستخدام أي طريقة مناسبة (ايدرومترات – رفركتومترات . . . الخ) ويتم إضافة السكر إلى العصير بواحد من ثلاث طرق :

أ–الطريقة الباردة : حيث يذاب السكر في العصير دون تسخين ثم يصفى الشراب لفصل الشوائب التي بالسكر . ومن مميزات هذه الطريقة احتفاظ الشراب بكل مكوناته وخواصه عقب تحضيره إلا أنه من عيوب هذه الطريقة وجود الأنزيمات بحالة نشطة مما يسبب حدوث ظاهرة الترويق في الشراب بعد فترة ويمكن علاج هذه الحالة إما بالبسترة أو بإضافة –Visco gum للشراب حيث يعمل كمثبت يمنع انفصال الشراب إلى طبقات ، ومن المواد الأخرى التي تمنع الترويق mucilage المتحصل عليه من بذور الحلبة .

ب–الطريقة الساخنة : حيث يضاف السكر إلى العصير ثم يسخن إلى الغليان لمدة خمسة دقائق للإسراع في إذابة السكر ثم يصفى الشراب . ويلاحظ أن عملية الغليان لها فائدة أخرى إذ تعمل على تجميع المواد الغروية والبروتينية على السطح على هيئة ريم يتم التخلص منه ومن عيوب هذه الطريقة أن الشراب يكتسب طعماً مطبوخاً ولوناً داكناً ويفقد الكثير من الفيتامينات إلا أنه يمكن حفظه لمدة أطول بسبب تلف الإنزيمات .

جـ–الطريقة النصف ساخنة : حيث يذاب السكر في كمية من الماء تعادل ثلث وزن العصير المستخدم مع التسخين ثم يرشح المحلول السكري الناتج ويترك ليبرد ثم يضاف على العصير دون تعريض الأخير للحرارة، ويلاحظ أن كمية السكر المضافة تحسب على أساس العصير تركيزه هو التركيز الناتج بعد تخفيف العصير (نظرياً) بما يعادل ثلث وزنه ماء وليس على أساس التركيز الفعلي للمواد الصلبة الذائبة بالعصير . ومن عيوب هذه الطريقة تخفيف نكهة الشراب .

3–إضافة الحامض العضوي : يضاف للشراب حامض عضوي يناسب نوع الثمار ومن هذه الأحماض الستريك والطرطريك والماليك وتضاف هذه الأحماض أساساً لجعل درجة pH في الحدود الأمنة لمنع النشاط الميكروبي الضار وهذه الدرجة هي 3.8–4.2 (بيئة حامضية) .

فوائد إضافة الحامض العضوي للشراب :

أ– إعطاء الشراب طعم حمضي مرغوب يوازن الطعم الحلو للسكر .

ب– منع حدوث ظاهرة التسكير (انفصال السكر على حالة بلورات) عن طريق تحليل السكروز مائياً إلى جلوكوز وفركتوز وهي سكرات أحادية صعبة التبلور وتساعد الحرارة المرتفعة على إتمام هذا التحول – لذلك ففي

الطريقة الساخنة يضاف الحامض العضوي إلى العصير قبل عملية التسخين وفي الطريقة النصف ساخنة يضاف الحامض العضوي للسكر والماء قبل عملية التسخين .

جـ- يعمل الحامض على حفظ الشراب بجعل البيئة حامضية نوعاً مما لا يناسب نمو الكثير من أنواع البكتريا الضارة .

د- زيادة درجة حلاوة الشراب وذلك بسبب تحلل السكروز إلى جلوكوز وفركتوز والأخير تبلغ حلاوته 1.7 مرة قدر حلاوة السكروز تقريباً .

هـ- خفض الماء الحر بالشراب نظراً لاستهلاك جزء منه في عملية التحليل المائي للسكروز إلى جلوكوز وفركتوز وبالتالي رفع تركيز المواد الصلبة الذائبة في الشراب وتسهيل حفظه .

4-إضافة اللون : قد يضاف لون طبيعي للشراب (في حالة فقر العصير في اللون الطبيعي) وهذا اللون المضاف يشترط فيه أن يناسب لون عصير الفاكهة الطبيعي المصنع منه الشراب وإلا يكون ساماً وأن يكون نباتي المصدر وأن يذكر ذلك على بطاقات الزجاجات المستخدمة في التعبئة وأن يكون من الألوان التي تسمح التشريعات الغذائية باستخدامها .

5-خلخة الهواء : وذلك لنفس الأسباب السابق ذكرها في موضوع العصير ويتم إجراؤها بنفس الطرق .

6-حفظ الشراب : يمكن حفظ الشراب بالبسترة السريعة أو التجميد إلا أن الشائع هو إضافة مواد حافظة كيميائية إليه ومن أكثر هذه المواد بنزوات الصوديوم والتي تضاف بمعدل 1.3جم / لتر شراب (أي حوالي 1جم/كيلو جرام شراب) ويراعى أن تذاب بنزوات الصوديوم في كمية قلية من الماء ثم تضاف إلى الشراب حيث يصعب إذابتها مباشرة في الشراب .

7-التعبئة : يعبأ الشراب في زجاجات نظيفة سبق نقعها وغسلها بمحلول 1-2% ايدروكسيد صوديوم (الفلين والسدادات تغسل جيداً بماء يغلى) .

حساب كمية السكر المضاف للعصير :

قبل حساب كمية السكر التي تضاف لكمية معينة من عصير الفواكه يلزم أولاً معرفة ما يأتي :

1-كمية العصير الداخلة في صناعة الشراب وزناً ، أو حجماً مع معرفة كثافة العصير .

2-قراءة البركس للعصير .

3–قراءة البركس اللازم الوصول إليها في المنتج النهائي .
4–نوع المادة السكرية التي تستخدم لرفع قراءة البركس ومدى نقاوتها .
5–طريقة الإذابة : حيث إن الطرقة نصف الساخنة تحدث فيها إضافة ماء أثناء إذابة السكر .

الشراب الصناعي

تنتج المصانع الكيماوية مواد تشبه طعم ورائحة ونكهة عصير الفواكه الطبيعي أو عصير الخضر الطبيعي ، وتستخدم هذه المواد في صناعة الشراب بدلاً من العصائر الطبيعية وتسمى synthetic flavorings أو essences ويطلق اسم إسنس كثيراً في المصانع . ومن حيث اللون فإنه يستعاض عن اللون الطبيعي للعصير بألوان صناعية مسموح قانوناً بإضافتها .

ويضاف لهذا الشراب أحد الأحماض المستعملة في صناعة الشراب الطبيعي مثل الستريك والطرطريك والماليك ، كما أنه يحفظ بنفس الطرق المستعملة للشراب الطبيعي وأهمها بنزوات الصوديوم كمادة حافظة كيماوية وبنفس النسبة وهي واحد في الألف وزناً .

والسكر يضاف للشراب الصناعي بحيث تصل النسبة النهائية له في الشراب 65–70% ، والغرض من رفع نسبة السكر أنه يمكن عمل عدد أكواب أكبر من الشراب المخفف من الزجاجة الواحدة من الشراب الصناعي .

وزيادة في تقليد الشراب الصناعي للشراب الطبيعي تضاف أحياناً مواد معكرة clouding materials قد تكون مأخوذة من تفل أو لب pomace or pulp فواكه أو خضر طبيعية وتجزئتها تجزيئاً دقيقاً لتظل عالقة بالشراب ولا ترسب (وهذا شائع كثيراً في الشراب المستخدم في صنع المياه الغازية carbonated beverages فنجد في الأسواق مشروب برتقال عكر مع أنه مصنوع من إسنسات ولا يدخل فيه عصير البرتقال) .

القيمة الغذائية للشراب الصناعي :

الشراب الصناعي ليس له قيمة غذائية إلا في كمية السكر التي به ، وأحياناً لا يكون له قيمة غذائية إطلاقاً إذا كانت المادة السكرية من مواد التحلية الصناعية artificial sweeteners وهي تستعمل أحياناً . فالمواد المكسبة للنكهة ليس لها قيمة غذائية ، ولا يوجد الشراب الصناعي فيتامينات أو أملاح معدنية .

وهذه الإسنسات أمكن صناعتها بعد تقدم علم التحليل الكيماوي الذي أدى إلى الكشف عن مكونات النكهة في كل فاكهة أو خضر ، ثم محاكاتها بعمل مخاليط كل منها يحتوى على مفردات مركبات النكهة كما في الأمثلة السابقة .

ولا يمكن تحديد كمية الإسنسات التي يلزم إضافتها لحجم معين من المحلول السكري ، لأن هذه الإسنسات تختلف في قوتها حسب الشركات المنتجة والتركيز الذي صنعت به ، ولكن يمكن إتباع التعليمات المدونة على البطاقة الملصقة على العبوة في كل حالة على حدة .

عيوب الشراب Syrup defects

قد تحدث أخطاء في الصناعة تؤدي إلى حدوث عيوب في الشراب أو تكون لإحدى الطرق نتائج يعتبرها البعض غير مرغوبة لديه ، وهذه نجملها فيما يلي :

1-الترويق : Clarification

يحدث في الشراب أحياناً انفصال قوامه إلى طبقتين طبقة رائقة وطبقة عكرة ، وعند رج الزجاجة تمتزج الطبقتان مؤقتاً ثم يحدث الانفصال مرة أخرى. هذه الظاهرة تحدث في العصير الذي صنع على البارد من عصير لم يعامل معاملات تؤدي إلى إتلاف الإنزيمات البكتينية أو لم يتخلص من البكتين الذي بالعصير أثناء صناعة العصير . وقد سبق تفصيل ذلك في صناعة العصير. وإذا حدثت بسترة للعصير فإنه يمكن تلافى الترويق .

2-التغير في اللون : Discoloration

الشراب المحضر بالطريقة الساخنة يكون لونه أدكن من المحضر بالطريقة الباردة نظراً لفعل حرارة الإذابة ، ولكن بعد التخزين لمدة فإنه لو قارنا بين العصير الذي أذيب فيه السكر على الساخن والعصير الذي أذيب فيه السكر على البارد نجد أن الثاني أدكن لونا ، وذلك يسبب الإنزيمات المؤكسدة التي تظل نشطة في الثاني ، بينما التسخين في الأول يقضي على نشاط هذه الإنزيمات ، والعصير أو الشراب المعامل بغاز ثاني أكسيد الكبريت أو أملاح حمض الكبريتوز يحتفظ بلونه مدة طويلة نظراً لأن هذه المعاملة تقوم بعمل مضاد للإنزيمات المؤكسدة والتي تسبب تغيراً في اللون .

3-التسكير : Sugar crystallization

المقصود بالتسكير في الشراب هو انفصال بلورات من السكروز ورسوبها ، وهذا العيب يحدث في حالة قلة الحمض المضاف مع عدم استخدام الحرارة في الإذابة . ويمكن تلافى حدوث هذا العيب بضبط كمية الحمض المضافة وإذا استعمل عسل الجلوكوز فلا يحدث هذا العيب .

4-**التخمر : Fermentation**

ومظهر الشراب المتخمر هو وجود غازات وعند فتح الزجاجة قد تندفع الغازات إلى خارج الزجاجة أو يحدث فوران ، ويكون الطعم المتخمر واضحاً .

وأساب هذا العيب هي :

أ – عدم كفاءة طريقة الحفظ . فإن كان محفوظاً بالمواد الحافظة فقد تكون نسبتها غير كافية ، وإذا كان الحفظ بالبسترة فقد تكون درجة الحرارة أو المدة غير كافية ، وربما يكون قد حدث تلوث بعد الحفظ بسبب عدم القفل الجيد للعلب أو العبوات عموماً .

ب-التلوث الشديد وزيادة الحمل الميكروبى . للخامات أو العبوات المستعملة .

جـ-التخزين بطرق غير ملائمة .

5-**الطعم المحروق أو المطبوخ :**

بسبب زيادة التسخين عند إذابة السكر أو التسخين المباشر .

6-**الطعم شديد الحموضة :**

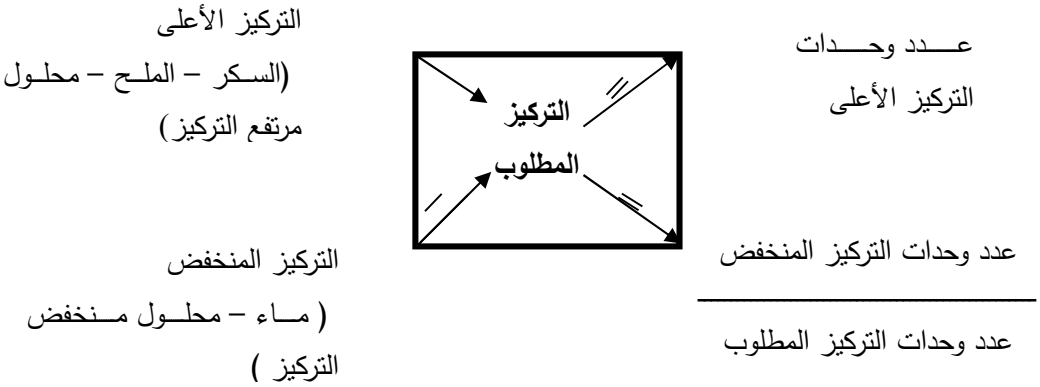
بسبب زيادة الحمض المضاف عن الحدود المطلوبة .

7-**طعم المادة الحافظة :**

المواد الحافظة إذا زادت نسبتها عن الحدود المطلوبة تسبب تغير الطعم، مثل ثاني أكسيد الكبريت الذي يسبب الطعم الكبريتي ، والبنزوات التي تعطي طعماً مميزاً غير مرغوب .

5/9 : الطرق الحسابية لتحضير أنواع الشراب والمحاليل :

لتحضير المحاليل والشراب يستخدم مربع برسون كطريقة حسابية بسيطة، حيث يتكون المحلول من مذيب (ماء) ومذاب (سكر أو ملح) لإنتاج و تحضير المحاليل السكرية أو الملحية . وهو مربع حسابي يعتمد على التركيزات والأوزان في طريقة الحساب .



شكل يوضح طريقة الحساب باستخدام مربع برسون

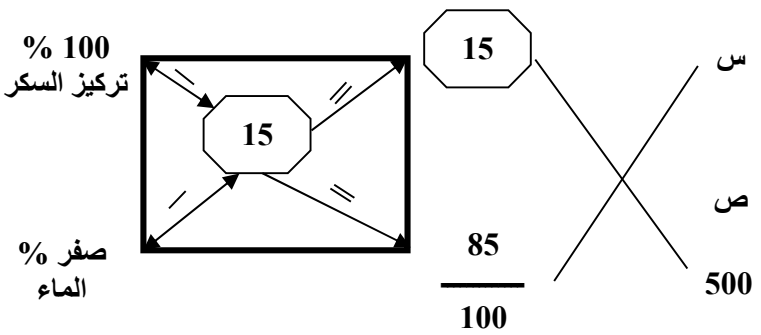
طرق تحضير المحاليل :

1-مذاب + مذيب .

مثال : أحسب كمية السكر والماء اللازمة لتحضير 500 كجم محلول سكري تركيزه 15% .

الحل :

يرسم مربع برسون ويوضع التركيز الأعلى على يسار المربع 100% تركيز السكر والتركيز المنخفض صفر% هو تركيز السكر في الماء ويتم الطرح في اتجاه الاسهم بغض النظر عن الإشارة وينتج من ذلك .



15جزء من السكر +85جزء من الماء ⟵ 100 جزء من المحلول السكرى15% .

س + ص ⟵ 500 كجم من المحلول السكرى 15%.

$$\frac{500 \times 15}{100}$$

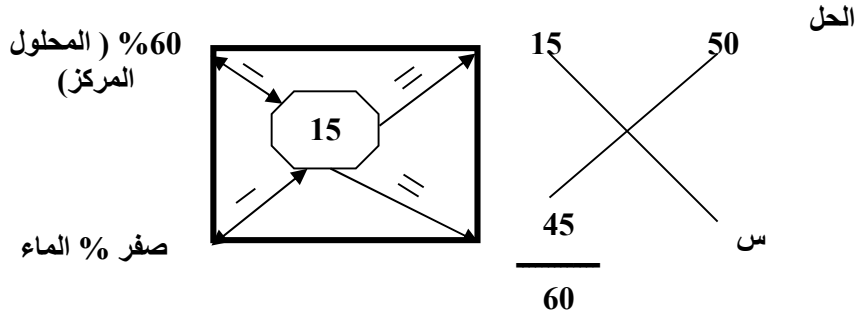
س (كمية السكر) = ـ = 75 كجم

$$\frac{500 \times 85}{100}$$

ص (كمية الماء) = ـ = 425 كجم

2-محلول مركز يراد تخفيفه :

مثال : أحسب كمية الماء اللازم إضافتها إلى 50 كم محلول تركيزه 60% لتحضير محلول تركيزه 15% .

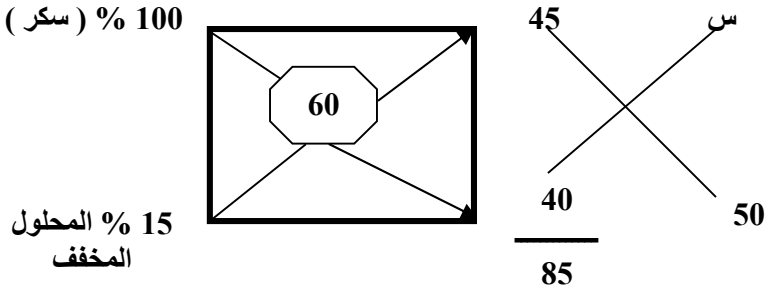


$$\frac{45 \times 50}{15}$$

س (كمية الماء) = ـ = 150 كجم

3- محلول مخفف يراد تركيزه :

مثال : أحسب كمية السكر اللازمة إضافتها إلى 50 كجم محلول 15% لتحضير محلول تركيزه 60% .



$$\text{كمية السكر (س)} = \frac{45 \times 50}{40} = 56.25 \text{ كجم}$$

4-خلط المحاليل :

$$ح \times ث \times د = ح_1 \times ث_1 \times د_1 + ح_2 \times ث_2 \times د_2$$

ح حجم المحلول، ث كثافة المحلول، د درجة تركيز المحلول .

$$و \times د = و_1 \times د_1 + و_2 \times د_2$$

ووزن المحلول، د درجة تركيز المحلول .

مثال : أحسب تركيز المحلول النهائي من خلط محلولان حجم الأول 200 لتر وكثافته 1.1 جم / سم3 وتركيزه 25% مع محلول وزنه 150كجم وتركيزه 22% .

الحل

$$ح \times ث \times د = ح_1 \times ث_1 \times د_1 + ح_2 \times ث_2 \times د_2$$

$$(و_1 + و_2) \times د = ح_1 \times ث_1 \times د_1 + و_2 \times د_2$$

$$(200 \times 1.1 + 150) \times د = 200 \times 1.1 \times 25 + 150 \times 22$$

$$د = 23.87 \%$$

6/9 تقدير تركيز المحاليل:

يستخدم :

1-الإيدرومترات . 2-الرفراكتوميتر . 3-قنينة الكثافة .

4-ميزان وستفال .

ومن أمثلة هذه الأجهزة :

1-الايدرومترات Hydrometers

أنابيب زجاجية مقفولة الطرفين أحد الطرفين به انتفاخ يحتوى على ثقل مناسب من القار أو الرصاص أو الزئبق يجعل الأيدرومتر في وضع رأسى عند القياس والطرف الآخر ساق مدرجة اما ان تكون من أعلى إلى أسفل (المحاليل الملحية والسكرية) او من أسفل إلى أعلى (المحاليل الكحولية) .

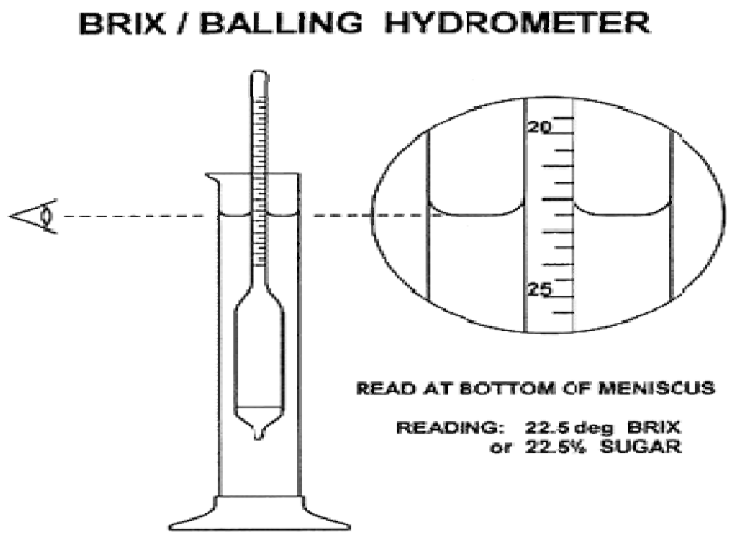
والأساس العلمي لعمل هذه الأيدومترات هو قانون الطفو (إذا طفا جسم فوق سطح سائل فإن وزن السائل المزاح يساوى وزن الجسم الطافي) .

*** انواع الايدرومترات :**

أ-ايدرومتر البالنج Balling أو السكارومتر Sacchrometer أو البركس Brix تستخدم لتقدير تركيز المحاليل السكرية 1° بالنج يساوى 1% سكر (1جم سكر ذائب في 99 جم ماء) . وهو مدرج من صفر إلى 100.

ب-ايدومتر البوميه Beaume يستخدم في تقدير تركيز المحاليل المحلية 1° بوميه يساوى 1% ملح (1 جم ملح ذائب في 99مم ماء) وهو مدرج من صفر إلى 26.5 حيث أن أقصى تركيز للمحلول المحلى هو 26.5% (درجة تشبع 100%) في درجات الحرارة العادية ، يزداد هذا التركيز برفع درجة حرارة المحلول .

جـ-ايدوميتر السالوميتر Salometer يستخدم في تقدير درجة تشبع المحاليل الملحية مدرج من صفر إلى 100.ويوضح الشكل رقم(٩-2)رسما توضيحيا للايدروميتر وطريقة القياس



أمكن استخدام معادلات حسابية لتحويل القراءات المختلفة للإيدرومترات حسب نوع المحلول المراد تقدير تركيزه مع عدم توفر الإيدرومترات اللازمة حيث أن :-

55

1° بالنج = ـ بومية

100

1° بومية يساوى 4° سالوميتر

55

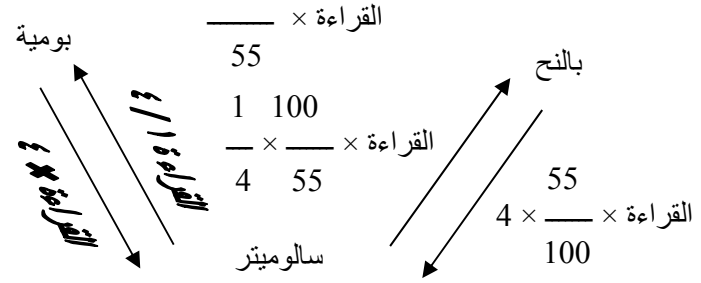
القراءة × ـــــ

100

100

القراءة × ـــــ

55



د-ايدومتر التراس أو الترالز Trales يستخدم في تقدير درجة تركيز المحاليل الكحولية ومدرج من أسفل إلى أعلى ومن صفر إلى 100 .

هـ-ايدومتر الكثافة النوعية منها ايدرومترات تستخدم لتقدير الكثافة النوعية للمحاليل التي كثافتها أكبر من واحد صحيح (مدرج من أعلى إلى أسفل) والمحاليل التى كثافتها أقل من واحد صحيح (مدرج من أسفل إلى أعلى) .

145

الكثافة (ث) = ـــ

145 – بومية

درجات الحرارة التي يتم القياس عليها لها تأثير على القراءة الصحيحة وأن درجة حرارة الأيدومترات المدرج عليها هى 60° ف أو 15° م .

ويصحح القراءة في حالة اختلاف درجة القياس عن درجة التدريج .

كل ±10° ف يقابلها ±0.3° بالنج .

±10° ف يقابلها ±0.165° بومية .

±10° ف يقابلها ±0.66° سالوميتر .

الاحتياطات الواجب مراعاتها عند استخدام الأيدرومترات :

1-يجب أن يكون المحلول المراد تقدير تركيزه رائق المظهر .

2-المخبار المستخدم ذو طول مناسب حتى يتحرك الأيدورميتر فيه بسهولة .

3-أن يكون الأيدرومتر في وضع رأسى تماماً وغير ملتصق بجدار المخبار .

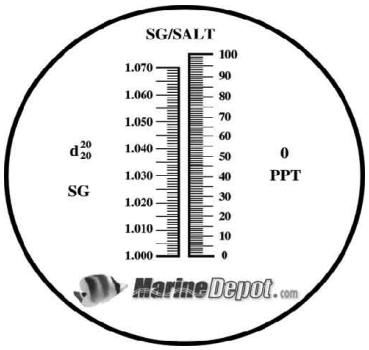
4-أن لا يكون المحلول المراد تقدير تركيزه يحتوى على فقاعات غازية تدفع الأيدوميتر إلى أعلى فتعطى قراءة غير صحيحة كذلك ارتفاع تركز المحلول يعيق من حركة الأيدرومتر وبالتالى يجب أن تسخن المحاليل التي تحتوى على الغاز لطرده وكذلك تخفيف المحلول المركزالمراد قياسه وضرب القراءة الناتجة في مقلوب التخفيف .

5-تؤخذ قراءة الأيدرومتر من أسفل السطح المقعر للسائل .

6-تؤخذ درجة حرارة المحلول وقت إجراء التجربة ويجرى تصحيح القراءة بإضافة التعديل في حالة ارتفاع درجة حرارة المحلول عن درجة حرارة تدريج الأيدرومتر والعكس صحيح .

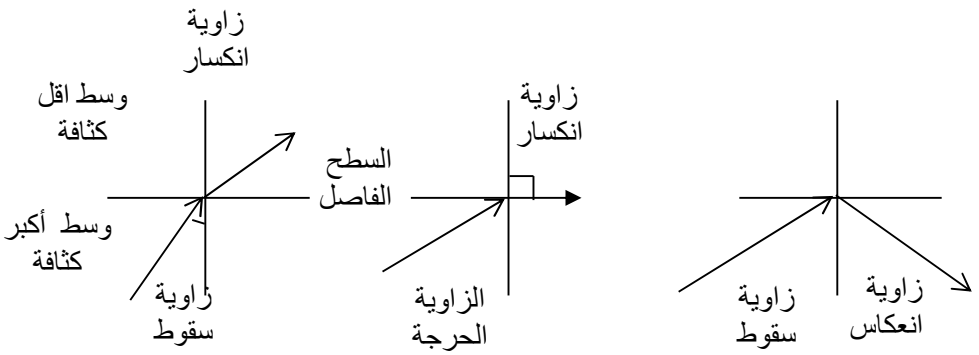
هناك أنواع أخرى من الأيدرومترات سريعة الاستخدام تسمى الايدوميتر اليدوي Hand refractometer . يستخدمه القائمين على صناعة المربات والمياه الغازية ومصانع إنتاج السكر والحلوى والزيوت والدهون وألا إنه يعطى القراءات بدرجة بسيطة من الخطأ .

الرافراكتومتر : Refractometer (شكل 9-3)



جهاز يستخدم لتقدير معامل الانكسار refractive index للسوائل مثل الزيوت والمحاليل وكذلك تركيز المواد الصلبة الذائبة ومنه أنواع مثل آبي Abbe وزايس Zies وجالليو Galellio ، يعتمد عمل هذا الجهاز على قوانين الضوء

حيث إذا مر شعاع ضوئي خلال وسطين مختلفي الكثافة فإنه يعاني انكسار يختلف هذا باختلاف كثافة الوسطين حيث إذا مر هذا الشعاع من وسط كثافة أعلى إلى الوسط الأخرالاقل كثافة ينكسر الشعاع مبتعداً عن العمود المقام على السطح الفاصل وبزيادة زاوية السقوط تزداد زاوية الانكسار أي أنه ينطبق الشعاع المنكسر على السطح الفاصل فتكون زاوية السقوط التي تقابل زاوية انكسار مقدرها 90° هى الزاوية الحرجة .



ويعرف النسبة بين جيب زاوية السقوط إلى جيب زاوية الانكسار بمعامل الانكسار (م) .

$$\text{م} = \frac{\text{جا زاوية السقوط}}{\text{جا زاوية الانكسار}} = \frac{\text{جا زاوية الحرجة}}{\text{جا 90}} = \frac{\text{جا الزاوية الحرجة}}{1}$$

∴ م = جيب الزاوية الحرجة

وهناك علاقة بين الكثافة ومعامل الانكسار

$$\text{ث} = \frac{\text{م}^2 - 1}{0.20614 \times (\text{م}^2 + 1)}$$

وقد يحاط منشورى الرمزاكتوميتر بجدار مزدوج يمر به ماء درجة حرارة 20˚م في حالة المحاليل المائية و 40˚م في حالة الزيوت والدهون واختلاف درجات الحرارة عند القياس عند هذه الدرجة لابد أن يعدل القراءة حيث :

كل ±1˚م يقابلها 0.0001 معامل انكسار (المحاليل المائية)

كل ±1˚م يقابلها 0.0003 معامل انكسار (الزيوت والدهون)

أهمية الرفراكتوميتر ومعامل الانكسار في الصناعات الغذائية :

1-يمكن تقدير المواد الصلبة الذائبة في المحاليل حيث أن معامل انكسار الماء المقطر هو 1.333 على درجة حرارة 20˚م ويزداد معامل الانكسار كلما ذادت نسبة المواد الصلبة الذائبة في المحلول .

2-معرفة معامل انكسار الزيوت والدهون وبالتالي الكشف عن غش هذه المواد حيث وجد أن لكل نوع من الزيت معامل انكسار ثابت وخاص بنوع الزيت .

3-هناك علاقة بين معامل الانكسار والرقم اليودي للزيوت ومن خلال جداول خاصة يمكن بالتالي معرفة كمية الهيدروجين التي تستخدم في هدرجة الزيوت وتحويلها إلى سمن .

7/9 أمثلة عامة عن الشراب الطبيعى والصناعى :

1-مصنع لديه 1000 لتر من عصير البرتقال ، قراءة البركس له 12 ويراد صناعة شراب برتقال تركيزه 62 بركس باستعمال سكر نقي ما هي كمية السكر اللازمة ؟

الحل

أولاً : تقدر كثافة العصير باعتباره محلولاً سكرياً تركيزه 12% (عادة تعتبر المواد الذائبة في العصير سكروز) .

12 بركس = 12 × 0.55 = 6.6 بوميه

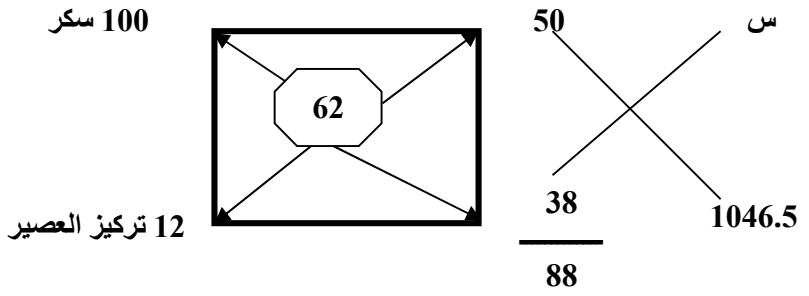
من القانون ث = $\frac{145}{145 - \text{درجة بوميه}}$

∴ ث = $\frac{145}{145 - 6.6}$ = 1.0465 مم / سم3

فمن ذلك نوجد وزن العصير من القانون ك = ح × ث

∴ كتلة العصير = 1000 × 1.0465 = 1046.5كيلو جرام .

ثانياً : بطريقة مربع برسون نحسب كيمة السكر اللازمة لرفع قراءة البركس من 12 إلى 62 .



من المربع نجد أن لكل 38 وزن عصير يلزم إضافة 50 وزن سكر

$$1046.5 \times 50$$

∴ كل 1046.5 كجم عصير يضاف لها ـــ

$$38$$

= 1317 كجم تقريباً وهو المطلوب

2- في المسألة السابقة أحسب وزن الشراب الناتج وحجمه .

الحل :

∵ وزن الشراب = وزن العصير + وزن السكر المضاف

ويجمع كذلك وزن الحمض ووزن المادة الحافظة وأحياناً تهمل لأنها تكون صغيرة لا تؤثر كثيراً إذا أهملت .

∴ وزن شراب البرتقال الناتج = 1046.5 + 1317 = 2363.5 كجم

وهو المطلوب الأول

لمعرفة حجم الشراب يلزم إيجاد كثافته أي كثافة محلول سكري تركيزه 62 بركس .

62 بركس = 62 × 0.55 = 34.1 بوميه

$$\text{و ث} = \frac{145}{34.1 - 145} = 1.307 \text{ جم / سم}^3$$

ك

∵ ح = -
ث
2363.5
∵ حجم الشراب = ــ = 1808.33 لتراً وهو المطلوب الثاني .
1.307

3-في المسألة السابقة ما هي عدد الزجاجات الناتجة :

أولاً : إذا كانت سعة الزجاجة ¾ لتر

ثانياً : إذا كانت سعة الزجاجة كيلو جراماً واحداً شراباً علما بأنه يترك فراغ قمي في الزجاجة قدره 5% من السعة الحجمية أو الوزنية على الترتيب .
الحل :

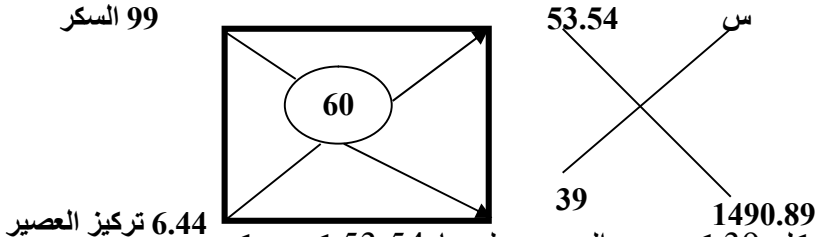
95 × 0.750
∴ يوضع في الزجاجة سعة ¾ لتر = ــ = 0.7125 لتر
100

حجم الشراب 1808.33
∴ عدد الزجاجات = ـــ = ــ
حجم ما يوضع فى الزجاجة 0.7125
= 2538 زجاجة تقريباً
وهو المطلوب فى الحالة الأولى

∴ ما يوضع فى الزجاج سعة 1 كيلو جرام = 0.95 كيلو جرام
2363.5
∴ عدد الزجاجات سعة 1 كيلو جرام = ــ = 2487 تقريبا
0.95
ملاحظة : فى حساب عدد الزجاجات تهمل كسور الزجاجة .
4- فى المسألة السابقة احسب كمية حمض الستريك اللازم اضافتها ال الشراب، واذا كان الحمض يضاف على شكل عصير ليمون فما هى كمية العصير اللازمة؟
الحل :
∴ كمية السكر المضاف = 1317 كجم .

∴ كمية الحمض المضاف = 1317 ×3 = 3951 جرام = 3.951 كجم
وهو المطلوب فى الحالة الأولى
وفى حالة عصير الليمون حجمه = 1317 × 5 = 6585 مل =6.585 لترا
وهـو المطلـوب فـى الحالـة الثانيـة
حيث كل 1 لتر شراب يحتاج إلى 5ملى عصير ليمون .

5–لديك 2000 كجم من الفراولة والمطلوب عمل شراب بالطريقة نصف الساخنة علماً بأن :
عصير فراولـه حجمـه 1163.75 لتر وكثافته 1.0313 (او وزنـه 1200 كجم) وتركيزه 8 بركس خلط مع 290.89 لتراً من الماء . ما هو تركيز المخلوط بالبركس – وما هى كمية السكر اللازمة لرفع تركيزه إلى 60 بركس (درجة نقاوة السكر 99%) لعمل الشراب الطبيعى واحسب عدد الرجاجات اللازمة (حجم الزجاجة 1 لتر) .
الحل :
∵ ح$_1$ × ث$_1$ × د$_1$ + ح$_2$ × ث$_2$ × د$_2$ = ح × ث × د
∴ 1200 × 8 + 290.89 × 1 × صفر = 1490.89 × د
∴ 9600 + صفر = 1490.89 د
∴ د =6.44 بركس
وهى تركيز عصير الفراوله لو اضيف اليه الماء.
ولحساب كمية السكر اللازمة تتبع طريقة مربع برسون



إي أن كل 39 كجم من العصير يلزمها 53.54 كجم سكر
لإنتاج شراب تركيزه 60%

1490.9 × 53.54
∴ 1490.9 كجم عصير مخلوط بالماء يلزمها ـــ
39

= 2046.7 كجم سكر

وزن الشراب = 1490.9 + 2046.7 = 3537.6 كجم

وزن الحمض = وزن السكر × 3 = 2046.7 × 3 = 6140.1 جم

وزن بنزوات الصوديوم = وزن الشراب × 1 = 3537.6 جم

الوزن النهائي للشراب = 3537.60 + 6.14 + 3.54 = 28.3547 كجم

ولحساب عدد الزجاجات يقدر حجم الشراب . ويلزم لذلك أولاً تقدير الكثافة من القانون :

$$\because \text{ث} = \frac{145}{145 - \text{درجة بوميه}}$$

ودرجة بوميه المقابلة لـ 60° بركس هي

60× 0.55 = 33°

$$\therefore \text{ث} = \frac{145}{145 - 33} = \frac{145}{112} = 1.295 \text{ جم/كم}^3$$

$$\because \text{ح} = \frac{\text{ك}}{\text{ث}}$$

$$\therefore \text{حجم الشراب} = \frac{3547.28}{1.295} = 2739 \text{ لتر ويهمل الكسر}$$

∴ عدد الزجاجات = 2739 زجاجة

6–كم كوباً من الشراب المخفف (المشروب) يمكن عملها من زجاجة شراب ورد صناعي علماً بأن :

قراءة البركس للشراب المركز 65° وسعة الزجاجة = 1 لتر والتركيز المناسب للمشروب = 18° بركس وسعة كوب المشروب = 250 كم^3

الحل :

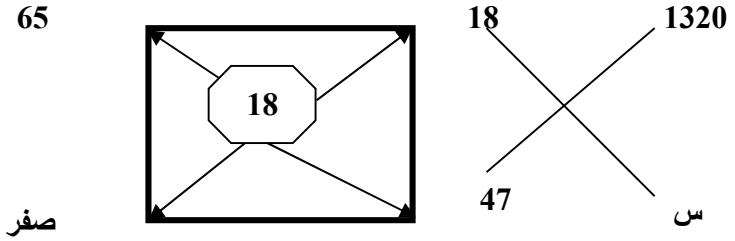
قراءة بوميه للشراب = 65× 0.55 = 35.15

145 145

ث 65 = ـــ = ـــ = 1.32 جم / سم^3

119.85 35.15 − 145

∴ وزن الشراب بالزجاجة الواحدة = 1000× 1.32 = 1320 جم



نجد أن كل 18 وزن شراب مركز يلزم لتخفيفها 47 وزن ماء

1320 × 47

∴ 1320 وزن يلزم لتخفيفها ـــــ = 3447 جم

18

وباعتبار أن 1 جم ماء = 1 سم3 فيكون حجم الماء = 3447 سم3

∴ حجم الشراب المخفف = 3447 + 1000 = 4447 سم3

ولما كان سعة كوب الماء = 250سم3

4447

∴ عدد الأكواب = ـــــ = 17.7 كوباً

250

وبإغفال الكسر يكون عدد الأكواب 17 كوباً

تذكر أن :-

عصير الفاكهة : يعرف عصير الفاكهة في المواصفات القياسية بأنه العصارة الطبيعية لثمار الفاكهة أو الخضر السليمة الناضجة غير المتخمرة ، المحتوى على اللب كله أو جزء منه والخالي من البذور والقشور والألياف الخشنة ، والمعامل

بإحدى طريق الحفظ المناسبة وذلك في حالة عدم استهلاكه مباشرة بعد تحضيره على شرط أحتفاظه بأكبر قدر ممكن من صفاته الطازجة وقيمته الغذائية .

خطوات صناعة العصير :

1-انتخاب المادة الخام : الأصناف – درجة النضج – درجة جودة المادة الخام

2-**الفرز**

3-**الغسيل :** طرق الغسيل : 1-النقع **2** -الغسيل بآلات الغسيل ذات الرذاذ

3- الغسيل بآلات الغسيل البرميلية الدوارة

4- استخلاص العصير

أهم الآلات المستخدمة في استخلاص العصير :

1-عصارات المكابس ذات الأقفاص . 2-مكابس ذات الألواح والقماش

3-العصارات المخروطية . 4 -آلات العصير ذات الذراع الحلزونية .

5-عصارات منزلية إما يدوية أو كهربائية 6-عصارات ذات اسطوانتين أو ثلاث

5-التصفية 6-الترشيح 7-**الترويق 8- خلخلة الهواء 9- حفظ العصير**

عصير البرتقال فوري الاسترجاع : يعمل منتج خاص من عصير البرتقال يجفف إلى مسحوق سريع الاسترجاع بالماء . في هذا الإنتاج يستعمل العصير المركز ويجفف تحت تفريغ . والمسحوق المجفف الناتج هش القوام لوجود ثقوب في حبيباته

عصير الفاكهة المركز: هو عصير الفاكهة الطبيعى الذى يتم تركيز المواد الصلبة الكلية الذائبة فيه

طرق الحصول على العصير المركز :

1-التركيز بالحرارة تحت الضغط الجوى العادي

2-التركيز بالحرارة تحت تفريغ أو الأكسدة

3-التركيز بالتجميد

التطورات التكنولوجية الحديثة لطرق تركيز عصائر الفاكهة والخضروات :

1- طريقة فصل اللب عن السيرم

2- طريقة التركيز تحت تفريغ مع فصل الأروما

3- طريقة تجفيف العصير المركز بعصير طازج

شراب الفاكهة

الشراب قد يكون طبيعياً وقد يكون صناعياً ، فشراب الفاكهة الطبيعي هو عبارة عن عصير فاكهة طبيعي أضيف إليه مادة سكرية وحمض عضوي ، ومعامل بإحدى طرق الحفظ ، أما الشراب الصناعي فلا يستخدم في صناعته عصير طبيعي بل يضاف للمحلول السكري المركز المحمض بحمض عضوي مادة كيماوية مكسبة

للنكهة وتسمى أيضاً إسنس ، وهذه النكهة شبيهة بنكهة أحد أنواع العصير الطبيعي ، وقد يضاف له لون صناعي ويعامل الناتج النهائي بإحدى
صناعةالشراب الصناعي

تنتج المصانع الكيماوية مواد تشبه طعم ورائحة ونكهة عصير الفواكه الطبيعي أو عصير الخضر الطبيعي ويضاف لهذا الشراب أحد الأحماض المستعملة في صناعة الشراب الطبيعي مثل الستريك والسكر يضاف للشراب الصناعي بحيث تصل النسبة النهائية له في الشراب 65-70% ،

عيوب الشراب

1-الترويق 2-التغير في اللون 3-التسكير 4-التخمر 5-الطعم المحروق أو المطبوخ 6-الطعم شديد الحموضة 7-طعم المادة الحافظة :

تقدير تركيز المحاليل:

1-الإيدرومترات .2-الرفراكتوميتر.3-قنينة الكثافة . 4-ميزان وستفال

انواع الايدرومترات :

أ-ايدرومتر البالنج أو السكارروميتر أو البركس تستخدم لتقدير تركيز المحاليل السكرية

ب-ايدومتر البوميه يستخدم في تقدير تركيز المحاليل المحلية

جـ-ايدوميتر السالوميتر يستخدم في تقدير درجة تشبع المحاليل الملحية

د-ايدومتر الترالس أو الترالز يستخدم في تقدير درجة تركيز المحاليل الكحولية

هـ-ايدومتر الكثافة النوعية منها ايدرومترات تستخدم لتقدير الكثافة النوعية للمحاليل التي كثافتها أكبر من واحد صحيح والمحاليل التى كثافتها أقل من واحد صحيح

الاحتياطات الواجب مراعاتها عند استخدام الأيدرومترات :

1. يجب أن يكون المحلول المراد تقدير تركيزه رائق المظهر .
2. المخبار المستخدم ذو طول مناسب حتى يتحرك الأيدورميتر فيه بسهولة
3. أن يكون الأيدرومتر في وضع رأسى تماماً وغير ملتصق بجدار المخبار
4. أن لا يكون المحلول المراد تقدير تركيزه يحتوى على فقاعات غازية تدفع الأيدوميتر إلى أعلى فتعطى قراءة غير صحيحة
5. تؤخذ قراءة الأيدرومتر من أسفل السطح المقعر للسائل .
6. تؤخذ درجة حرارة المحلول وقت إجراء التجربة ويجرى تصحيح القراءة

الرافراكتومتر: جهاز يستخدم لتقدير معامل للسوائل مثل الزيوت والمحاليل وكذلك تركيز المواد الصلبة الذائبة

وقد يحاط منشورى الرمزاكتوميتر بجدار مزدوج يمر به ماء درجة حرارة ˚20م في حالة المحاليل المائية و ˚40م في حالة الزيوت والدهون واختلاف درجات الحرارة عند القياس عند هذه الدرجة لابد أن يعدل القراءة

أهمية الرفراكتوميتروومعامل الانكسار في الصناعات الغذائية :

تقدير المواد الصلبة الذائبة في المحاليل و معرفة معامل انكسار الزيوت والدهون وبالتالي الكشف عن غش هذه المواد حيث وجد أن لكل نوع من الزيت معامل انكسار ثابت وخاص بنوع الزيت والرقم اليودي للزيوت ومن خلال جداول خاصة يمكن بالتالي معرفة كمية الهيدروجين التي تستخدم في هدرجة الزيوت وتحويلها إلى سمن .

الباب العاشر
المربى ، الجيلي ، المرملاد

المربى :- Jam

هو المخلوط المكون أساساً من السكر والفاكهة (مثل الفراولة والتفاح) أو الخضر (كالجزر و القرع العسلى) أو الأزهار (الورد) الكاملة أو المجزأة أو المهروسة ومختلطة بالسكر ومطبوخة لدرجة 220^{5}ف (104.4^{5}م) وتبلغ نسبة تركيز المواد الصلبة (كسكروز 60-75%) .

الجيلى :- Gely

تعريف الجيلى : هو المزيج المكون من العصير الرائق لثمار الفاكهة و السكر و البكتين فى وجود الحموضة المناسبة ويتم الطبخ على درجة حرارة

(222^{5}ف) (105.5^{5}م) ، ويتميز الجيلى النموذجى بصفاء لونه وشفافيته وإحتفاظه بشكل إناء التعبئة و تركيزه النهائى قد يصل إلى 65% مواد صلبة ذائبة .

المرملاد :- Marmalade

عبارة عن جيلى رائق يحتوى على أجزاء رقيقة من قشور ثمار الموالح معلقة بحالة متماثلة فى جميع أنحاء الجيلى بحيث لا تكون طافية على السطح أو راسبة فى القاع .

1/10 المواد الداخلة فى صناعة المربى والجيلي والمرملاد :

(1) الفاكهة أو الخضر أو الأزهار

تستعمل فى صناعة هذه المنتجات الفواكه وهى الأغلب ، ومع ذلك فقد تستعمل أجزاء نباتيه أخرى مثل الجزر والبطيخ والقرع العسلي من الخضر ، والورد من الزهور كما يستعمل الزنجبيل أيضاً وهو توابل ريزومية .

ويجب أن تكون المادة الخام المستعملة سليمة خالية من الخدوش أو الصفات غير المرغوبة ، ومن الشوائب النباتية ، وغير النباتية ومن النواة .

ودرجة النضج المناسبة للثمار (سنستعمل لفظ الثمار لأنها هى الأغلب فى الصناعة) مهمة فى الحصول على منتج مرتفع الجودة . وفى بعض الحالات مثل الفراولة يجب حصاد الثمار وهى فى درجة نضج أقل من المطلوب حتى لا يزيد نضجها أثناء النقل إلى المصنع . ودرجة النضج المناسبة لها علامات يعرفها الصانع لكل نوع وصنف من المواد الخام ، فقد تكون غزارة اللون وكبر الحجم مثل البرقوق وكذلك ذات القوام غير الجامد not too hard أو اللين not too soft . وفى الفراولة يلزم أن تكون الثمار ذات طعم حمضى وفيرة اللون الأحمر صلبة الأنسجة ،وفى العنب الأسود تفضل الثمار تامة النضج والتى لم تبلغ مرحلة الجفاف والذبول على الأشجار وفيرة اللون . وفى الجزر يفضل متوسط الحجم لأن الصغير يكون غير مكتمل النكهة ولأنه يستلزم جهداً كبيراً فى تجهيزه والفقد فيه يكون كبيراً أثناء التجهيز، كما أن الحجم الكبير قد يكون بلغ مرحلة التليف غير المرغوبة . والتفاح درجة نضجه المناسبة هى التى تكون فيها الثمار صلبة لم تصل إلى مرحلة القوام الهش ، وفى التمور تستعمل الأصناف الصلبة كاملة التلون غير مجعدة القشور .

وتختلف طرق تجهيز المادة الخام حسب نوعها وحسب الرغبة ، فقد تهرس أو تقطع قطعاً صغيرة أو كبيرة أو إلى شرائح رقيقة ، وفى الفواكه ذات النواة تزال النواة مثل التمور و المشمش والبرقوق ، ويقشر التفاح والتمور و الكمثرى ، ويزال تخت الورد و الفراولة ، والفواكه ذات البذور الصغيرة مثل الفراولة و التين لا تزال

منها البذور فصناعة المربى ولكنها تزال فى صناعة الجيلى ، أما البذور الكبيرة كبذور التفاح و الكمثرى فتزال فى كل المنتجات ، كما يزال المحور الجلدى الذى تتجمع حوله البذور.

وفى الجيلى تعصر الفواكه ويجرى لها ترويق ، وفى المرملاد يزاد على ذلك تقطيع القشور إلى شرائح رقيقة .

(2) السكر :

من المعتاد أن يستخدم سكر القصب أو البنجر (سكروز) ، ولكن يضاف أحياناً بعض الجلوكوز التجارى (عسل البطاطس أو عسل الذرة) أو الجلوكوز المسحوق ، وفى المنتجات الفاخرة يستعمل عسل النحل وقد يضاف أكثر من نوع هذه المواد.

ونسبة الإضافة 50 : 50 أو 55 : 45 من السكر : الفاكهة حسب نسبة السكر في الفاكهة المستخدمة .

(3) الحمض :

يقوم الحمض فى هذه المنتجات بما يأتى :

1- يخفض رقم pH إلى الحموضة المناسبة.

2- يقوم الحمض بتحويل السكروز إلى جلوكوز و فركتوز فى حالة استعمال السكروز ، فيمنع بذلك عيب تبلور السكر وهو انفصال السكر إلى بلورات وهو أحد العيوب التى تحدث فى هذه المنتجات .

3- الحمض هام فى تكوين القوام الجيلى (الهلامى) المتماسك الرجراج المطلوب فى هذه المنتجات وهو أحد العوامل الثلاثة لتكوين هذا القوام الهلامى وهى السكر و الحمض والبكتين ومن هذه الأحماض هو حمض الستريك ، حمض الماليك ، حمض اللاكتيك ، حمض الطرطريك كما يستعمل عصير الليمون . ويستعمل أحياناً لتعديل الحموضة بيكربونات الصوديوم أو بوتاسيوم .

والذى يهم فى الحموضة ليست الحموضة الظاهرية التى تقدر بالتنقيط بالقلوى مع دليل مناسب ، بل المهم هو الحموضة الحقيقية التى تقدر بجهاز pH meter والتى يعبر عنها رقم pH أو رقم أيونات الهيدروجين ، فالحمض قد يكون مرتفع التركيز ولكنه غير متأين فيكون رقم pH مرتفعاً ولا أثر فى هذه الصناعة مثل الحمض المتأين.

وعموماً تبلغ نسبة الأحماض المضافة بين 0.1–0.2% من الوزن الكلى المربى ، وتحسب بعدد الجرامات التى تضاف لكل 1كجم سكر مضاف حيث كل 1كجم سكر يضاف له 3جم حمض .

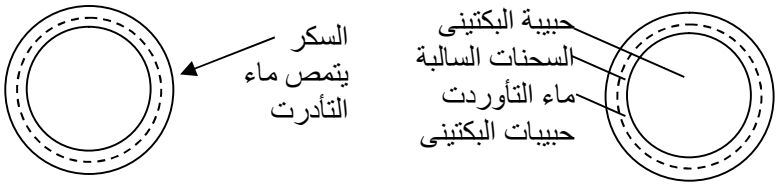
وفى حالة زيادة حموضة المنتج يعالج ذلك بإضافة مواد منظمة Buffers مثل كربونات الكالسيوم واسترات صوديوم . ويجب عدم التغالى فى استعمال هذه المواد المنظمة لأنها قد تؤثر على قدرة البكتين على الربط كما أنها تتلف فيتامين جـ .

(4) البكتين :

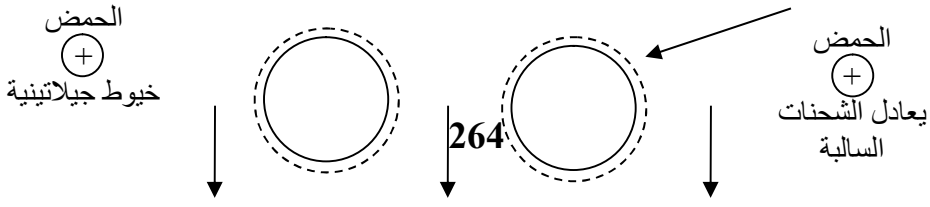
يقوم البكتين بدور هام فى إعطاء القوام الهلامى المطلوب فى هذه المنتجات وهو يشترك مع السكر و الحمض لإعطاء الحالة الغروية فى الوسط المائى على أن تكون حجوم الحبيبات الغروية بين 0.5 ، 1 ملليميكرون .

كيف يتكون القوام الهلامى المميز لهذه المنتجات ؟

تكون القوام الهلامى يحدث بترسيب غير كامل للبكتين على صورة خيوط رفيعة منتشرة فى هذا النظام ، و الترسيب يحدث بسبب أن البكتين مادة غروية مشحونة بشحنة سالبة تتجمع حول حبيباتها طبقة رقيقة من الماء (ماء التأدرت). والسكر يقوم بإمتصاص الماء فى وجود الحمض الذى يعادل الشحنات السالبة على حبيبات البكتين يؤدى ذلك إلى ترسيب البكتين في صورة خيوط جيلاتينية . والخيوط التى تتكون تربط المحلول السكرى المركز فتجعله يظهر بالمظهر المتماسك المميز للقوام الهلامى .



حبيبات البكتين في الوسط المائي



درجة حرارة تجمد القوام :

درجة الحرارة التى يبدأ عندها تكون قوام الجيلى تعرف بدرجة حرارة تجمد القوام setting temperature ، وتقدر هذه الدرجة ، كما فى تقدير درجة البكتين pectin grade ، تحت ظروف قياسية وهى :

1- 68.5% مواد صلبة ذائبة . 2- رقم pH 3.3 .

(5) المواد الملونة :

أحياناً يكون لون الفاكهة الطبيعى غير كاف لإكتساب المنتج النهائى اللون المرغوب الذى يفضله المستهلك وتسمح تشريعات الأغذية بإضافة المواد الملونة المسموح بإضافتها للأغذية والمواد الملونة المستعملة فى صناعة المربى والجيلى والمرملاد يجب أن تتحمل حرارة الطبخ العالية دون أن تتحول إلى ألوان غير مقبولة أو تتحلل إلى مواد ذات طعم غير مقبول .

(6) مكسبات النكهة :

والمسموح منها الأغذية طبقاً للمواصفات هى المواد الطبيعية ، ومن أمثلة هذه المواد التوابل كازنجبيل و القرنفل والقرفة ، ويجب عدم استعمال هذه المواد بكثرة لأنها تخفى النكهة الأصلية للفاكهة و الخضر ، وتضاف هذه المواد قرب نهاية الطبخ حتى لا تتطاير المواد المكسبة للنكهة الطيارة منها بحرارة الطبخ وطول مدته . وقد تكون المواد المكسبة للنكهة المضافة هى عصير نفس الفاكهة أو الخضر مركزاً أو غير مركز ،وفى هذه الحالة يكون الغرض من الإضافة تعويض ما يفقد من الفاكهة أو الخضر أثناء الطبخ . وإضافة هذه العصائر يرفع جودة المنتج .

(7) المواد الحافظة

تضاف المواد الحافظة فى الحالتين :

1- عند ورود كميات كبيرة من الثمار للمصنع أكبر من طاقته الإنتاجية ، فيلجأ المصنع إلى تحويل الثمار إلى نصف مصنعة و يحفظها بالمواد الحافظة لحين سحبها للإنتاج لتكملة تصنيعها . وتحدث هذه الحالة عادة عند وفرة المحصول فى الأسواق ورغبة المصنع فى الاستفادة من انخفاض السعر .

2- عند انخفاض نسبة المواد الصلبة الذائبة فى المنتج النهائى عن النسبة اللازمة للحفظ وهى 68.5% فتضاف المواد الحافظة كعامل حفظ و المواد المستعملة فى حالة الفاكهة نصف المصنعة هى :

أ-ثانى أكسيد الكبريت وحمض الكبريتوز و الكبريتيات ، وهذه المركبات تستعمل بحيث تكون نسبة ثانى أكسيد الكبريت من 1500-3000 جزء فى المليون ، وعيب ثانى أكسيد الكبريت وأملاحه أنه يؤثر على لون الفاكهة ، ولكن له فى مقابل ذلك ميزة أنه لا يؤثر على البكتين و أنه يتطاير أثناء عملية الطبخ التالية .

ب-حمض البنزويك وأملاحه وخاصة بنزوات الصوديوم بمعدل 70 جراماً من الملح لكل مائة رطل من الثمار المجهزة . وحمض البنزويك وأملاحه تبقى فى المنتج النهائى ولا تتطاير كما يحدث فى ثانى أكسيد الكبريت.

أما إذا كان الغرض من الحفظ بعد الطبخ لانخفاض نسبة السكر فالمادة الحافظة هى عادة بنزوات الصوديوم بحيث تكون النسبة فى المنتج النهائي 0.1% .

2/10 خطوات عمل المربى :

1- تجهيز الخامات :

وهى عمليات الفرز و الغسيل بآلات الغسيل التى سبق شرحها فى موضوع (عصير الفواكه و الخضر) وإزالة البذور أو النوى كما فى التمر و الخوخ و المشمش ، وإزالة التخت من الورد ، وأحياناً تقشر الفواكه مثل التفاح و الكمثرى ، ثم تقطع إلى أجزاء مناسبة صغيرة الحجم أو تهرس .

2-إضافة السكر

يضاف السكر (سكر السكروز) أو أحد مواد التحلية الأخرى بالنسب السابق ذكرها حسب درجة الجودة المطلوب إنتاجها .

3-الطبخ و التركيز

الغرض من هذه المعاملة الحرارية تليين الأنسجة ورفع نسبة المواد الصلبة الذائبة وأغلبها سكريات إلى نسبة لا تقل عن 68.5% إذا أريد الاعتماد على تركيز السكر كعامل حفظ أو إلى نسبة أقل من ذلك وعادة لا تقل عن 65% وتختلف طرق الطبخ حسب إمكانيات المصنع .

أ- ففى المنازل يجرى الطبخ باللهب المباشر تحت وعاء الطبخ المفتوح وهى طريقة تؤدى إلى تأثير الحرارة على صفات المنتج من حيث طعمه ولونه وتستدعى تقليباً مستمراً وحرصاً من احتراق المنتج .

ب-وفى المصانع الصغيرة يجرى الطبخ فى أوعية مفتوحة تسخن ببخار الماء الذى يمر فى الجدار المزدوج للوعاء وتزود الأوعية بمقلبات .

ج - أما المصانع الكبيرة فيجرى فيها الطبخ فى أوعية مقفلة بحيث تكون المحتويات بعيدة عن تأثير الهواء .

د- وأحدث تطوير لطرق الطبخ هو الطبخ فى أوعية مقفلة تحت تفريغ حيث تجمع هذه الطريقة بين البعد عن تأثير الهواء وانخفاض درجة حرارة الغليان فيقل أيضاً تأثير الحرارة على صفات المنتج ، ويؤدى ذلك إلى رفع جودة المنتج النهائى ، وفى هذا النوع من الطبخ تتصل الأوعية بمضخة تفريغ الهواء وتكون مزودة بمقاييس لدرجة الحرارة و الضغط ، وبها فتحات خاصة لأخذ العينات لاختبار درجة تركيز المواد الصلبة أثناء عملية الطبخ .

يجرى الطبخ عموماً بإضافة السكر إلى كمية من الماء أو عصير الفاكهة المنفصل منها أثناء السلق ، أو إلى ماء السلق كما يضاف البكتين إما صورة مسحوق مخلوطاً بكمية من السكر وهذا غير مفضل ، أو مذاباً فى الماء أو على صورة مستخلص مائى محضر فى المصنع من فواكه غنية بالبكتين مثل التفاح أو قشور الموالح ، وهذه المستخلصات تحتوى عادة على 3-5% بكتين. والبكتين يضاف للفواكه غير المحتوية على البكتين أو التى بها كمية بكتين منخفضة أو بكتين منخفض الجودة . وعادة تكون الإضافة بنسبة 0.9-1% من وزن الناتج النهائى أو حوالى 2-5جم لكل كيلو جرام سكر مضافاً حسب كمية البكتين الموجودة فى الفاكهة المستعملة .

عند الوصول إلى درجة النضج النهائية للمربى يوضع حمض الستريك المحسوب مذاباً فى أقل قدر ممكن من الماء إلى المربى ويقلب جيداً . والسبب فى وضعه بعد النضج وليس قبل ذلك أن وجود الحمض مع الحرارة المرتفعة يتلف الصفات الجيلية للبكتين .

4- نقطة النضج النهائية

يمكن معرفة نقطة النضج المناسبة بثلاث طرق :-

1- بالترمومتر حيث تصل درجة حرارة غليان المربى إلى 220-222^{5}ف (104.5-105.5^{5}م) و المعروف أن ارتفاع نسبة المواد الصلبة الذائبة

تعمل على رفع نقطة الغليان وهذه الدرجات من الحرارة تدل على وصول نسبة هذه المواد إلى 68.5% .

2- بالرفراكتومتر أو الايدرومتر حيث تصل نسبة المواد الصلبة إلى 68.5-70° بركس .

3- خبرة الصانع الذى يستدل على النضج بواسطة ملعقة يأخذ بها جزءاً من المربى ويتركه يبرد ثم يسكبه فإذا إنسكب بشكل قطع أو خيط وكذلك تكون خيوط بين أصابع اليد كان دليلاً على النضج .

5-الحفظ :

1- قد يكتفى بوصول نسبة المواد الصلبة الذائبة إلى 68.5% أو أكثر قليلاً فى الحفظ ، ويعبأ المنتج بعد أن يبرد لحوالى 205°ف فى برطمانات وتقلب العبوات على أغطيتها لتعقيم الغطاء .

2-إذا دعت الضرورة للتبريد إلى أقل من 5180ف (82 م) قبل تعبئة المنتج فيجرى له بسترة على 180°ف أو تعقيم تجارى على 212°ف لمدة تختلف باختلاف حجم العبوة (½ ساعة للعبوة سعة ½ ك).

3- قد تستعمل المواد الحافظة وقد سبق الحديث عن ذلك .

6-التعبئة :

وهى تتم آلياً فى معظم المصانع سواء فى برطمانات زجاجية أو علب صفيح أو علب ألومنيوم والبلاستيك وبعد التعبئة يتم قفل العبوات بعد تركها فترة وجيزة لخروج الهواء واحداث تفريغ بها . أما فى المنازل فتتم التعبئة يدوياً ثم تقفل البرطمانات وتقلب لتعقيم الاغطية .

7-التبريد بعد التعبئة

بعد تعبئة المربى فى العبوات الزجاجية يجب عدم تبريدها بسرعة أما المربى المعلبة فانها تبرد فى حمام مائى عموماً فالعبوات الكبيرة تبرد بالهواء (تيار من الهواء البارد أو غرف مبردة) – ويلاحظ فى حالة تبريد العلب بالماء أن تتبقى بها كمية من الحرارة تكفى لتجفيف العلب من الخارج من آثار ماء التبريد .

8-وضع البطاقات وشحن العبوات :

وهى خطوة هامة لتحديد نوع المربى التى فى العبوة لذلك توضع بطاقات تحتوى على البيانات اللازمة والتى تحددها المواصفات النوعية يوضع على العبوات تاريخ الإنتاج والرقم الكودى للتشغيلة في المصنع وتاريخ الصلاحية قد يطبع هذا التاريخ أو يضغط على سطح أغطية العبوات أو يرش بواسطة ماكينةinke jet أو Dating machen أوتوماتيكياً، يلى ذلك تعبئة عبوات المربى فى صناديق من الكرتون تمهيداً لشحنها لمناطق التسويق.

وفيما يلى أمثلة لصناعة بعض أنواع المربى بطرق منزلية وأساس صناعتها هو نفس أساس الصناعة فى المصانع مع اختلاف الأدوات والإمكانيات .

3/10 أمثلة عملية لصناعة المربى والجيلى والمرملاد:

مربى التفاح أو السفرجل أو الكمثرى

1- تنتخب الأصناف الصلبة غير الهشة الخضراء على أن تكون سليمة من أى عطب أو إصابات ميكانيكية وخدوش أو إصابات حشرية .
2- الغسيل .
3- التقشير .
4- التقطيع لإزالة البذور و الجيوب البذرية و الغمر فى محلول حمض ستريك لمنع تغير اللون .
5- التقطيع إلى شرائح أو قطع صغيرة .
6- تسلق القطع فى ماء كاف يغمرها لمدة ½ ساعة (30 دقيقة) .
7- تفصل الثمار عن ماء السلق وتوزن الثمار .
8- يضاف السكر إلى ما السلق بنسبة 55 جزء سكر إلى كل 45 جزء فاكهة مجهزة ويضاف 3جم حمض ستريك لكل 1كجم سكر مضاف ويذاب السكر بالتسخين ويرشح المحلول السكرى الناتج لإزالة شوائب السكر والترشيح يكون خلال قماش أو شاش الجبن .

9- تضاف قطع الفاكهة المسلوقة إلى المحلول السكرى ويستمر فى التسخين إلى الوصول إلى نقط النهائية .
10- تترك المربى لتبريد قليلاً 93^{5}م وتعبأ فى برطمانات وتقلب على أغطيتها لتعقيم الغطاء .
11- تغسل البرطمانات لإزالة ما يكون قد لصق بها من المربى من الخارج .
الإنتاج التقريبى : كل 100 كجم فاكهة تعطى 60 كجم فاكهة مجهزة يضاف لها سكر حوالى 73 كجم وهذه الكمية تعطى حوالى 90 كجم مربى .

مربى الخوخ أو المشمش

1- تنتخب ثمار الخوخ أو المشمش تامة النضج وعلى نفس درجة النضج الصالحة للإستهلاك الطازج على ألا تكون خضراء اللون .
2- غسيل .
3- فصل النواة .
4- تقطيع إلى أجزاء صغيرة .
5- سلق فى الماء لمدة ½ ساعة .
6- ترفع الثمار وتصفى وتزال القشور والألياف الخشنة .
7- يجمع العصير الذى نتج عن التصفية مع ماء السلق .
8- يوزن السكر بمعدل 55 جزءاً إلى كل 45 جزء فاكهة مجهزة .
9- يضاف السكر بالتدريج إلى العصير أثناء تسخينه ، ويقلب حتى تمام الذوبان وتزال المواد الطافية على السطح وهى الريم ، ويضاف حمض ستريك بمعدل 3.5جرام حمض لكل كجم سكر مضاف للخوخ أو 2جم حمض / كجم سكر مضاف للمشمش.
10-تركيز بالحرارة إلى(104.5-105.5^{5}م) أو إلى أى علامة أخرى من علامات النضج النهائى .
11-تعبئة وقد يجرى تعقيم بالحرارة للبرطمانات المعبأة على (100^{5}م) لمدة ½ ساعة وتزداد المدة بزيادة سعة العبوة .
الإنتاج التقريبى : كل 100كجم فاكهة طازجة يعطى 60 جم فاكهة مجهزة وهذه تعطى 90كجم مربى.

مربى البلح (التمر)

1- يستخدم لهذا النوع ثمار الأصناف الطرية من البلح ، ومرحلة النضج المناسبة هى قبل أن تصبح رطبة أى القوام الصلب لتتحمل حرارة السلق و الطبخ .
2- تفرز لاستبعاد التالف والزائد النضج وغير الناضج أو المصاب .
3- الغسيل .
4- تقشير بسكاكين يدوية أو إستخدام التقشير الاحتكاكى (الكربوراندم).
5- تغمر الثمار فى محلول حمض ستريك لمنع تغير اللون .
6- سلق لمدة 15-30 دقيقة فى الماء ، والمدة تختلف حسب درجة نضج الثمار .
7- ترفع الثمار من ماء السلق وتغمر فى ماء بارد .
8- نزع النواة بقطعة رفيعة من الخشب تدفع النواة خارج الثمرة .
9- يوضع فى مكان النواة لوز ، أو فستق ، أو ثمرة قرنفل ، أو قطعة من القشور اليوسفى . وهذه المواد تحضر قبل استعمالها بسلقها لمدة 20 دقيقة لتحسين طعمها ، وهى تحسن جودة المربى .
10- يقدر وزن الثمار بعد نزع النواة ثم تسلق مرة أخرى فى ماء جديد حجمه 1.5 حجم الثمار لمدة 1.5 - 2 ساعة حسب درجة صلابة أنسجة الثمار .
11- ترفع الثمار ويضاف السكر لماء السلق بواقع 45 فاكهة : 55 سكر، ويذاب سكر فى ماء السلق بالحرارة ، ويضاف له 4جم حمض ستريك لكل 1كجم سكر يضاف ، ثم تضاف الثمار ويستمر فى الغليان إلى(105.5^{5}م) (قد يضاف أو لا يضاف بكتين فى أول عملية الطبخ).
12- تعبأ المربى فى برطمانات وقد تعقم على 100^{5} م لمدة ½ ساعة إذا كانت البرطمانات سعة ½ كجم أو أكثر كلما زادت سعتها عن ذلك، ثم تبرد تبريداً فجائياً .

الإنتاج التقريبى: كل 100كجم تعطى حوالى 80 كجم ثماراً مجهزة ،وفى النهاية تعطى إنتاجاً قدره حوالى كل 160كجم مربى .

مربى الفراولة

1- الثمار الصالحة لذلك هى الثمار الناضجة متماسكة القوام ذات اللون الأحمر الوفير و النكهة الغنية .

2- تفرز لفصل التالف وتغسل بغمرها فى الماء وهى موضوعة فى مصفاة عدة مرات .
3- يزال التخت والأعناق الخضراء باليد ثم تغسل مرة ثانية .
4- توزن الثمار وتحسب نسبة السكر بنسبة 45 ثمار : 55 سكر .
5- يمزج السكر مع الفراولة (بدون ماء) ويترك الخليط مدة 20 دقيقة .
6- يسخن المخلوط ببطء لمدة 10 دقائق يذوب خلالها السكر ويفصل محلول سكرى به جزء من عصير الثمار .
7- ترفع الثمار من العصير الناتج ويفصل نصف السائل المنفصل ويستخدم لصناعة شراب فراولة بالطريقة نصف الساخنة .
8- يضاف للنصف الثانى من السائل المنفصل 4جم بكتين/ كجم سكر مضاف .
9- ترفع حرارة المخلوط ويستمر فى التسخين إلى105.5م.
10-يضاف حمض الستريك بواقع 2 جم / 1كجم سكر مضاف ويقلب جيداً.
11-تترك المربى لتبرد إلى 200ف ثم تعبأ .
12-قد تعقم المربى بعد التعبئة على100 م لمدة تتناسب مع حجم العبوة ثم تبرد فجأة.

الإنتاج التقريبى :كل 100كجم فراولة طازجة تعطى حوالى 85 كجم فراولة مجهزة يضاف لها 85 كجم سكر . يؤخذ نصف المحلول ويعمل منه شراب فراولة ، والثمار و المحلول الباقى تعطى حوالى 85 كجم مربى .

مربى الجزر

1-يصلح لهذا الغرض الجزر الأصفر متوسط الحجم .
2-يقشر الجزر باليد .
3-يقطع إلى حلقات أو شرائح أو يفرم .
4-يسلق الجزر فى الماء حتى تلين الأنسجة .
5-تصفى القطع من الماء السلق وتوزن وتقدر كمية السكر بواقع 45 فاكهة : 55 سكر .
6-يذاب السكر فى الماء بواقع لتر ماء / كجم سكر .
7-يصفى المحلول السكرى لإزالة شوائب السكر ويضاف للمحلول 4جم بكتين/كجم سكر مضاف ويذاب السكر بالتسخين .
8-يضاف الجزر إلى المحلول ويستمر فى التسخين إلى نقطة النضج .

9–يضاف للمربى حمض ستريك بواقع 5 جم/1كجم سكر مضاف ويقلب .
10–تترك المربى لتبرد إلى93^{5}م ثم تعبأ .
11–قد تعقم العبوات على100^{5} م لمدة تختلف حسب حجم العبوة وتبرد فجأة ثم تخزن .

الإنتاج التقريبى : كل 100 كجم جزر (بدون المجموع الخضرى) يعطى حوالى 80 كجم جزر مجهز ينتج حوالى كل 130 كجم مربى .

مربى الجوافة

1–يصلح لصنع مربى ، الجوافة قليلة البذور ، الناضجة ، ذات الرائحة الزكية ، جيدة الطعم .
2–غسيل .
3–تقطيع إلى قطع صغيرة .
4–سلق لمدة ½ ساعة فى ماء يغلى و الماء يبلغ حجمه ½ حجم الجوافة .
5–هرس وتصفية لإزالة القشور و البذور بمصفاة عادية للمقادير الصغيرة ، وبآلات تصفية تشبه آلات تصفية العصائر فى الكميات الكبيرة .
6–يوزن اللب المصفى وتقدر كمية السكر بواقع 45 فاكهة : 55 سكر .
7–يضاف السكر إلى اللب ويذاب بالحرارة .
8–يستمر فى التسخين إلى105.5^{5}م.
9–يضاف حمض الستريك بواقع 4 جم / كجم سكر مضاف .
10–تبرد المربى إلى ثم 93^{5}م تعبأ وقد تعقم على 5212ف لمدة تختلف حسب حجم العبوة .

الإنتاج التقريبى : كل 100 كجم ثمار يعطى 94 كجم مجهز يعطى 84 لب مصفى وهذه الكمية تعطى حوالى 190كجم مربى.

خطوات صناعة الجيلى

(1) فرز الثمار وإزالة التالف .
(2) غسل الثمار.
(3) استخلاص العصير وترويقه (راجع باب عصير وشراب الفاكهة).
(4) إضافة السكر و البكتين.
(5) الطبخ و التركيز حتى الوصول إلى الحالة الجيلية ثم إضافة الحمض .

والتركيز النهائى هو 68.5% مواد صلبة ، والنقطة النهائية لها علامات ذكرت فى المربى .

ومن المهم جداً أن يكون المحلول رائقاً شفافاً لذلك فإن الملاحظات الآتية لها أهميتها للحصول على الشفافية التى تميز الجيلي عن المربى :

1-الترويق يجب أن يكون موضع اهتمام الصانع .

2-أثناء الطبخ يتجمع ريم على سطح الجيلى ، وإزالته ضرورية حتى لا يحدث تعكير .

3-ترشيح المحاليل السكرية ومحاليل الأحماض ضرورى لإزالة أية مواد عالقة تسبب التعكير وكذلك مستخلص البكتين المستعمل .

(6)التعبئة :

التعبئة فى الجيلى تختلف عنها فى المربى ، حيث إنه يستحسن أن تكون الأوعية لها فوهات أوسع من القاعدة حتى يسهل عند صب محتوياتها انزلاقها إلى الصحون التى ستقدم فيها وتظل محتفظة بشكل وعاء التعبئة . والزجاج أفضل حتى يظهر شفافية الجيل للمستهلك . يجب أن يراعى أثناء التعبئة عدم اختلاط المنتج بالهواء حتى لا تحبس فقاقيع هوائية تشوه مظهر الجيلى .

(7)البسترة

قد يبستر الجيلى بعد قفل الأوعية على 90^{5}م لمدة ½ ساعة على الأقل وتزداد المدة إذا كانت سعة الوعاء أكبر من ½ كجم .

صفات الجيلي الجيد :-

1-أن يكون شفافاً رائقاً تماماً .

2-أن يكون رجراجاً متماسك دون أن يسيل .

3-أن يسهل اخراجه من أنية التعبئة على أن يأخذ شكل الانية بعد خروجه منها .

4-أن يتوافر به طعم ورائحة الفاكهة المصنع منها .

5-أن يكون سطحه أملساً لامعاً ذو حواف عند قطعة بالسكين .

عيوب الجيلى :-

1-تعكر لون الجيلى : وذلك لعدم ترويق العصير أو عدم إزالة الريم خلال الطبخ أو وجود شوائب بالسكر .

2-خشونة الجيلى : بسبب زيادة نسبة البكتين أو نقص السكر .

3-سيولة الجيلى: وذلك بسبب عدم توازن المكونات خاصة زيادة الحموضة ووصول pH الى أقل من 3.1 .

4-التسكير: وذلك بسبب تركيز السكر عن 70% من إنخفاض تركيز الحامض .
5-تخمر الجيلى : لنمو الاحياء الدقيقة بسبب إنخفاض تركيز السكر .

تصنيع بعض أنواع الجيلى

جيلى البرتقال

يصنع من ثمار البرتقال صنف البرتقال البلدى الذي يتميز عصيره بزيادة تركيز المواد الصلبة الذائبة واللوان ومواد الطعم والرائحة القوية والتى تتحمل المعاملات الحرارية .

طريقة التحضير .

1- تغسل ثمار البرتقال وتقشر لإزالة القشرة الخارجية .
2- تفصل القشرة الداخلية (الالبيدو) وتقطع قطع صغيرة ويتم غليها فى كمية من الماء تكفى لتغطيتها وذلك لمدة ½ ساعة وتفصل القشور .
3- ترفع فصوص البرتقال على النار مع الماء المستخدم فى غلى قشور الابيدو ويتم غليها لمدة ½ساعة – تفصل بعدها الفصوص .
4- تعصر فصوص البرتقال الناضجة ثم يضاف لها السكر وماء على القشور ويقلب السكر على الساخن ثم تصفى لفصل جميع الشوائب .
5- يضاف حامض الستريك ويستكمل التركيز بالحرارة حتى اكتمال تركيز الجيلى .
6- يصب الجيلى فى الأكواب أو فى البرطمانات الخاصة مع أحكام غلق العبوات .

جيلى العنب :-

يفضل أن يصنع من أصناف العنب الرومى الحمراء .

طريقة التحضير:-

1-يغسل العنب ويغلى فى كمية من الماء تكفى لتغطيته (مدة الغلى 10ق أو حتى النضج دون انفجار الثمار).
2-تعصر الثمار ويضاف إليها السكر و الحامض على الساخن ثم يصفى
3-يستمر التركيز حتى الوصول الى التركيز المناسب فى الجيلى .

الجيلى الصناعى :-

يحضر بخلط نسب متوازنة من السكر و البكتين و الحامض العضوى مع الماء وعادة يضاف اليه لون صناعى ومكسب طعم Essence ويتم التركيز بالحرارة بحيث تصل نسبة المواد الصلبة الذائبة فى المنتج النهائى الى 65% - 70% .

طريقة تحضير الجيلى الصناعى :-

1-تحضير محلول سكرى تركيز 44.5% - يحضر 1 لتر مثلاً على الساخن .

2-يضاف 21 - 28.5 جرام بكتين / لتر محلول سكرى مع الاستمرار فى الغليان .

3-الترشيح ثم الغليان لإزالة الريم .

4-يضاف 52. جم حمض طرطريك/ لتر ماء .

5-استمرار التسخين حتى تصل درجة الحرارة الى 105° م ثم يضاف الاسنس واللون .

6- التعبئة و الحفظ .

خطوات صناعة المرملاد

يختلف المرملاد حسب البلاد التى تصنعه ، وهناك نوعان رئيسيان فى المنتجات العالمية للمرملاد :

1-النوع الإنجليزي ذو طعم مر يفضله الإنجليز و الطعم المر ناتج عن استخدام أصناف معينة من البرتقال أو خليط من جربت فروت مع البرتقال أو نارنج مع البرتقال.

2-النوع الأمريكى : ليس به مرارة وغالباً ما يستخدم فى صناعته البرتقال مع الليمون .

يتبع نفس الخطوات السابقة والتى تستخدم في صناعة الجيلي عند صناعة المرملاد ، ولكن يلاحظ أنه يتم إضافة جزء من قشور الموالح بعد تقطيعها إلى أجزاء صغيرة وسقلها فى الماء لتسويتها و التخلص من جزء كبير من الطعم المر . كما يلاحظ أيضاً إنخفاض كمية البكتين و الحمض المضافة لإرتفاع نسبتها الطبيعية فى ثمار الموالح .

وخطوات صناعة المرملاد من الموالح كما يلى :-

1-غسيل الثمار وفرزها لفصل التالف .

2-استخلاص العصير كما فى باب العصير وترشيح وترويق حتى الحصول على مظهر رائق شفاف وهو شرط الجودة فى المرملاد كما فى الجيلى.
3-تؤخذ القشور وتقطع إلى شرائح رفيعة بسمك حوالى 3 مل بآلات خاصة.
4-يضاف للقشور ماء للسلق يعادل 3 أمثال حجمها وتسلق حتى تصبح لينة وقد يستغرق السلق من ¼ إلى ½ساعة . وإذا كان المرغوب صناعة مرملاد بالطريقة الأمريكية فإن السلق قد يكون لهدف التخلص من المرارة (وفى هذه الحالة يهمل ماء السلق). والسلق يؤدى أيضاً إلى تحويل البكتين المعقد إلى صورة أبسط لها القدرة على تكوين القوام الهلامى المرغوب . يؤخذ ¼ – ½ هذه القشور و يهمل الباقى .
5-يضاف السكر إلى ماء السلق ويذاب بالتسخين وقد يضاف بكتين ثم يرشح المحلول السكرى لفصل شوائب السكر و المواد التى قد تكون معكرة للمحلول .
6-تضاف القشور ويجرى التركيز إلى النقطة النهائية للنضج وقد يضاف حمض ستريك أو غيره من الأحماض قرب نهاية التركيز .
7-التبريد : يبرد المرملاد لمدة قصيرة يحدث أثنائها زيادة امتصاص القشور للسكر من المحلول وتتوزع القشور بشكل متجانس فى المحلول قبل التعبئة .
8-يعبأ المنتج كما فى حالة الجيلى .
9-قد يبستر المرملاد على 180° ف لمدة ½ ساعة إذا كان التبريد قد خفض حرارة المنتج عن 180° ف قبل التعبئة .

4/10 العيوب التى تحدث في المربى و الجيلى والمرملاد :

لما كانت هناك عوامل كثيرة يتوقف عليها نجاح هذه الصناعة ،فإن عدم القدرة على التحكم فى جميع هذه العوامل مرة واحدة يسبب أحياناً عيوباً ،و قد لا يكون من السهل الكشف عن سبب ظهور أحد العيوب وخاصة إذا كان أكثر من عامل مسؤولاً عن العيب . وخبرة الصانع قد تكون هى الأساس فى معرفة الأسباب.

والصفات الآتية يجب مراجعتها عند حدوث عيب فى المنتج :

نسبة المواد الصلبة الذائبة ، الحموضة الحقيقية (أى رقم pH) ، نسبة تحويل السكروز ، درجة الربط set ، اللون ، النكهة . والصفتان الأخيرتان من العوامل التى تقدر حسياً ، أما الصفات الأخرى فإن التحليل يمكن أن يضع أيدينا على أسباب حدوث العيوب .

وقد وجد أن ضعف قوام هذه المنتجات يرجع إلى واحد أو أكثر من العوامل الآتية :

أ–الغليان لمدة طويلة يسبب التحلل المائى للبكتين مما يعطى المنتج قوام الشراب وليس قوام الجيلى .

ب–الحموضة الأعلى من الحدود المناسبة يسبب عيباً مماثلاً للسابق حيث إن الحمض يسبب تكسير شبكة الجيلى ، ويحدث إنفصال الماء وهى حالة تسمى فى الصناعة السيولة أو الإدماء أو الإدماع (bleeding or synersis) .

ج–الحموضة المنخفضة عن الحد المناسب تجعل البكتين غير قادر على الربط setting فلا يتكون القوام الهلامى .

د–الفواكه المحتوية على مواد منظمة طبيعية Buffers على شكل أملاح معدنية تسبب تأخر ربط القوام ، أما إذا كانت كمياتها كبيرة فإنها تمنع حدوث الربط .

هـ –انخفاض البكتين كمية أو جودة .

و–زيادة السكر للبكتين وإنعدام التوازن المطلوب بينهما .

ى–التبريد الزائد قبل التعبئة يؤدى إلى تكسير القوام أى إلى أن يكون الجيلى أو المربى أو المرملاد فى العبوة ليس على شكل كتلة واحدة ويسمى هذا فى الصناعة الربط المتكسر .

ومن العيوب الشائعة :

(1) الإدماء والإدماع : أسبابه

أ–حموضة زائدة .

ب–بكتين منخفض .

ج–ماء زائد أو مواد صلبة ذائبة أقل من الحدود المطلوبة .

د–زيادة السكر المحول .

ولكشف أى من هذه العوامل هو المسؤول تجرى الاختبارات الآتية :

- اختبار فراكتومترى لتقدير المواد الصلبة الذائبة . وخط الخطر هو ما يقع تحت 65%.

أ–اختبار رقم pH وخط الخطر هو الذى يقع تحت pH 2.8.

ب– تختبر أيضاً قوة البكتين .

ج–تختبر نسبة السكر المحول بطريقة فهلنج .

(2) تغير اللون Discoloration

يحدث تغير اللون لأحد الأسباب الآتية :
أ–التسخين لمدة طويلة أثناء الطبخ ، و التركيز قد يسبب كرملة السكر أو يؤثر على الكلوروفيل إذا وجد ، ويسبب اللون البنى .
ب–عدم التبريد الكافى بعد التعبئة وخاصة إذا كانت العبوات كبيرة (أكثر من 10 رطل فى السعة).
ج–استعمال ثانى أكسيد الكبريت قد يسبب قصر اللون المميز للفاكهة .
د–الإسراف فى إستعمال المنظمات .
هـ–التلوث بالمعادن ، فقد وجد أن التلوث بالكالسيوم أو المغنسيوم أو الفوسفات أو الأكسالات أو الأملاح غير القابلة للذوبان لهذه المواد تسبب التعكير turbidity . أما التلوث بالقصدير أو الحديد وأملاحهما فيسبب اللون الداكن darkness أو مظهر اللبن milkiness .
و–أسباب بيولوجية مثل النضج الزائد فى بعض الفواكه ويسبب اللون البنى، ومثل الصدمات الميكانيكية للثمار .

(3) التسكير أو بلورة السكر Crystallization

يتسبب فى هذا العيب أحد العوامل الآتية :–
أ–زيادة الحمض يسبب تحول زائد إلى جلوكوز وفركتوز فتحدث بلورة للدكستروز .
ب–انخفاض الحمض عن اللازم يسبب تبلور السكروز .
ج–التسخين الزائد يؤدى إلى زيادة التحول من سكروز إلى السكريات الأحادية .
د–عيب آخر مظهره تبلور ولكنه ليس تسكراً ، وهو ناتج من تبلور أملاح الطرطرات فى منتجات العنب .

(4)صلابة الفاكهة أو قشورها : أسبابها
أ–غلى الفواكه أو القشور فى محلول سكرى عالى التركيز بدون أن تكون قد سلقت جيداً قبل إضافتها إلى المحلول السكرى وبذلك تصبح الفواكه أو القشور جامدة tough ولا تستطيع أن تمتص السكر ، وهذا سبب شائع فى منتجات الموالح و العنب الأسود .
ب–سلق القشور أو الفواكه فى ماء مرتفع العسر very hard water

(5) نمو الفطريات والخمائر : الأسباب
أ–ارتفاع نسبة الرطوبة فى المخزن .
ب–تلوث المربى قبل التعبئة أو قبل قفل العبوات .
ج–انخفاض نسبة المواد الصلبة الذائبة . والخط الخطر هو أقل من 65% .

5/10 أمثلة عامة :

1- فاكهة وزنها طن واحد - يفقد منها أثناء التجهيز 25% يراد تصنيعها مربى، أحسب كمية السكر و الحمض و البكتين و البنزوات وعدد البرطمانات سعة 450جم علماً بأن إضافة السكر الى الفاكهة 45:55 والحمض 3جم/ 1 ك سكر،1كجم بكتين / 150 كجم سكر والبنزوات 0.1% للمخلوط ونسبة السكر فى الفاكهة المستخدمة 10% .

الحل

نسبة الفقد اثناء التجهيز 25% المتبقى من الفاكهة المستخدمة 75% :-

$$\text{كمية الفاكهة المستخدمة} = \frac{1000 \times 75}{100} = 750 \text{ كجم}$$

نسبة إضافة السكر إلى الفاكهة

55 سكر : 45 فاكهة

س : 750

$$\text{س (كمية السكر)} = \frac{750 \times 55}{45} = 916.7 \text{ كجم}$$

وزن الحمض 3 جم / 1 ك سكر

كمية الحمض = 3 × 916.7 = 2750.1 جم = 2.750كجم

كل 150 كجم سكر : 1 كجم بكتين

916.7 : ص

$$\text{ص (وزن البكتين)} = \frac{916.7 \times 1}{150} = 6.1 \text{ كجم}$$

وزن المواد الصلبة الذائبة = وزن السكر + وزن المواد الصلبة فى الفاكهة + وزن الحمض + وزن البكتين

10

=916.7 + 750 × ــ + 2.750 + 6.1 = 1000.55 كجم

100

وزن المربى (على اعتبار أن تركيز المواد الصلبة 68.5%) =

100

1000.55 × ــ = 1460.65كجم

68.5

1460.65

عدد البرطمانات سعة 450 جم = ـــ = 3245 برطمان

0.450

2–يراد تصنيع جيل برتقال وكانت كمية البرتقال 2 طن ونسبة العصير به 50% وقراءة البومية °5.5 والتركيز النهائى 68.5% أحسب كمية السكر والحمض والبكتين وكمية الناتج النهائى .

الحل :

50 × 2

وزن العصير الناتج = ــ = 1 طن

100

وزن السكر اللازم على اساس 45 فاكهة : 55 سكر

1000 كجم : س

1000 × 55

س (السكر) = ــ = 1222.2 كجم وهو المطلوب الأول

45

وزن الحمض اللازم (2 جم / 1 كجم سكر)=1222.2 × 2 = 2444.4 جم

= 2.45 كجم وهو المطلوب الثانى

وزن البكتين (7 جم / 1 كجم من المخلوط) = (1000 + 1222.20 + 2.45)×7=2224.65 × 7 = 15572 جم

= 15.57 كجم وهو المطلوب الثالث

100

التركيز بالبركس = 5.5 × ــ

55

5.5 بومية = 10 بركس

وزن المواد الصلبة × 100

كمية الناتج النهائى = ـــــ

68.5

10 × 1000

، وزن المواد الصلبة الذائبة = ـــ + 1222.2 + 2.45 + 15.57

100

= 1340.2 كم

100 × 1340.2

وزن الجيلى النهائى = ـــــ = 1956.5 كجم وهو المطلوب الرابع

68.5

الفاكهة المحفوظة :

هى منتج مصنوع من الفاكهة بطريقة صناعة المربى وتختلف عنها فى أن الفاكهة تحتفظ بشكلها الطبيعى مع ارتفاع السكر بها أى تتشبع بالمحلول السكرى .

وهذه المنتجات نموذج لحفظ الأغذية عن طريق رفع نسبة السكر أو المواد الصلبة الذائبة عموماً ، أى بخفض الرطوبة إلى الحد الذى تصبح معه الرطوبة المتبقية مرتبطة بالمواد الصلبة ، فلا تستطيع الأحياء الدقيقة أن تستفيد بها فى نشاطها ، ولكن بعض المصانع تصنع هذه المنتجات بحيث لا تصل فيها نسبة المواد الصلبة الذائبة إلى 68.5% ويلجأ إلى بسترة العبوات بعد القفل ، كما أن بعض المصانع تعامل المنتج بالحرارة حتى فى وصول نسبة المواد الصلبة إلى 68.5% .

الكاستر و البودينج

عبارة عن مادة رابطة (النشا) مضاف إليه اللون ومواد الطعم و الرائحة المصرح باستخدامها ويحضر فى المنزل باذابتها فى اللبن مع رفع درجة الحرارة وقد يضاف إليها سائل الكراميل (السكر المحروق)

بودرة الجيلى

وهى تباع فى الأسواق فى صورة بودرة عبارة عن جيلاتين وسكر ولون وطعم صناعى يوضع فى الماء الساخن ويترك فى الثلاجة ليأخذ الشكل المطلوب وتختلف عن الجيلى السابق دراسته .

تذكر أن :-

المربى :- هو المخلوط المكون أساساً من السكر والفاكهة (مثل الفراولة والتفاح) أو الخضر (كالجزر و القرع العسلى) أو الأزهار (الورد) الكاملة أو المجزأة أو المهروسة ومختلطة بالسكر ومطبوخة لدرجة 104.4^{5}م وتبلغ نسبة تركيز المواد الصلبة (كسكروز 60-75%) .

الجيلى :- هو المزيج المكون من العصير الرائق لثمار الفاكهة و السكر و البكتين فى وجود الحموضة المناسبة ويتم الطبخ على درجة حرارة (105.5^{5}م) ، ويتميز الجيلى النموذجى بصفاء لونه وشفافيته وإحتفاظه بشكل إناء التعبئة و تركيزه النهائى قد يصل إلى 65% مواد صلبة ذائبة .

المرملاد :- عبارة عن جيلى رائق يحتوى على أجزاء رقيقة من قشور ثمار الموالح معلقة بحالة متماثلة فى جميع أنحاء الجيلى بحيث لا تكون طافية على السطح أو راسبة فى القاع .

المواد الداخلة فى صناعة المربى والجيلي والمرملاد :

(1) الفاكهة أو الخضر أو الأزهار (2) السكر (3) الحمض (4) البكتين
(5) المواد الملونة (6) مكسبات النكهة (7) المواد الحافظة

خطوات عمل المربى :

1- تجهيز الخامات 2-إضافة السكر 3-الطبخ و التركيز 4- التعبئة

. خطوات صناعة الجيلى

(1) فرز الثمار وإزالة التالف . (2) غسل الثمار.
(3) استخلاص العصير وترويقه (راجع باب عصير وشراب الفاكهة).
(4) إضافة السكر و البكتين.
(5) الطبخ و التركيز حتى الوصول إلى الحالة الجيلية ثم إضافة الحمض والتركيز النهائى هو 68.5% مواد صلبة ، والنقطة النهائية لها علامات ذكرت فى المربى .
(6)التعبئة (7)البسترة

عيوب الجيلى :-

1-تعكر لون الجيلى : وذلك لعدم ترويق العصير أو عدم إزالة الريم خلال الطبخ أو وجود شوائب بالسكر .

2-خشونة الجيلى : بسبب زيادة نسبة البكتين أو نقص السكر .

3-سيولة الجيلى: وذلك بسبب عدم توازن المكونات خاصة زيادة الحموضة ووصول pH الى أقل من 3.1 .

4-التسكير: وذلك بسبب تركيز السكر عن 70% من إنخفاض تركيز الحامض .

5-تخمر الجيلى : لنمو الاحياء الدقيقة بسبب إنخفاض تركيز السكر .

خطوات صناعة المرملاد

يختلف المرملاد حسب البلاد التى تصنعه ، يتبع نفس الخطوات السابقة والتى تستخدم في صناعة الجيلي عند صناعة المرملاد ، ولكن يلاحظ أنه يتم إضافة جزء من قشور الموالح بعد تقطيعها إلى أجزاء صغيرة وسقلها فى الماء لتسويتها و التخلص من جزء كبير من الطعم المر . كما يلاحظ أيضاً إنخفاض كمية البكتين و الحمض المضافة لإرتفاع نسبتها الطبيعية فى ثمار الموالح .

الفاكهة المحفوظة : هى منتج مصنوع من الفاكهة بطريقة صناعة المربى وتختلف عنها فى أن الفاكهة تحتفظ بشكلها الطبيعى مع ارتفاع السكر بها أى تتشبع بالمحلول السكرى .

الكاستر و البودينج : عبارة عن مادة رابطة (النشا) مضاف إليه اللون ومواد الطعم و الرائحة المصرح باستخدامها ويحضر فى المنزل باذابتها فى اللبن مع رفع درجة الحرارة وقد يضاف إليها سائل الكراميل (السكر المحروق)

بودرة الجيلى: وهى تباع فى الأسواق فى صورة بودرة عبارة عن جيلاتين وسكر ولون وطعم صناعى يوضع فى الماء الساخن ويترك فى الثلاجة ليأخذ الشكل المطلوب وتختلف عن الجيلى السابق دراسته .

أسئلة عامة

1- أذكرأهم عوامل فساد الغذاء الناشئة عن التغيرات الكيمائية و اشرح إحداها بالتفصيل

2- ما هو دور الإنزيمات المؤكسدة فى التلف الكيمائى للغذاء

3- تكلم عن أهم تفاعلات الإسمرار التى تحدث للغذاء.

4- "تتأثر سرعة تفاعلات الفساد الكيمائى للأغذية بكل من درجة الحرارة و المحتوى الرطوبى و مدى توافر الأكسجين و الهواء الجوى و الضوء" اشرح باختار تأثير كل عامل من هذه العوامل على سرعة و مدى مدى الفساد الكيمائى للغذاء.

5- أذكر بعض أجناس البكتريا المتجرثمة المسببة للتسمم الغذائى

6- ما هى أهم الفطريات المسببة للميكوتوكسينات و ما هى أخطر هذه التوكسينات على صحة الإنسان المتناول للغذاء.

7- عرف التسمم الغذائى المرضى و ما هى الظروف المؤدية لحدوث هذا التسمم

8- اماذا ينصح بتبريد الذبائح (و خصوصا ذبائح الدواجن) بالهواء الرطب بدلا من استخدام الماء فى التبريد ؟

9- ما هى اسباب حدوث حالات تسمم من الأغذية المعاملة حراريا؟

10-أذكر طرق التغلب على الفساد الميكروبى للأغذية

11- ما هى وسائل التبريد الطبيعى المستخدمة لتبريد الأغذية

12-إشرح الأساس فى نظرية عمل آلات التبريد الصناعى و ما هى أجزاء الآلات المستخدمة لذلك.

13- أذكر 3 أنواع من سوائل التبريد و أهم الشروط التى يحبب أن تتوفر بها

14-متى تستخدم طريقة التبريد غير المباشر لغرف الثلاجات؟

15-ما هى أهم الشروط التى يحبب أن تتوفر فى المواد العازلة؟

16- عرف كل من معامل التحميل، معدل التحميل و حمولة التبريد

17- فرق بين lowest safe temperature، chilling injury،

18- ما هى حدود درجات الحرارة المستخدمة لحفظ مجاميع الأغذية المختلفة بالتبريد

19- أذكر 3 معاملات إضافية تستخدم للمساعدة فى تبريد الأغذية

20- لماذا يجب وضع البطاطس المخزنة بالتبريد لعدة ساعات على درجة حرارة +10ْم قبل تسويقها للتصنيع و الإستهلاك؟

21- ما هو الأساس العلمى فى حفظ الأغذية بالتجميد؟

22- إرسم منحنى التجميحد النمطى للأغذية و إشرح المراحل المختلفة له
23- ما هى مزايا التجميد السريع مقارنة بالتجميد البطىء للأغذية؟
24- ما هى أهم الظواهر التى تحدث للمادة الغذائية عند تجميدها؟
25- أذكر أهم انواع آلات الغسيل و الفرز و التدريج المستخدمة لإعداد الخضر و الفاكهة للتجميد
26-ما هو الهدف من التقشير و متى يستخدم التقشير بالبخار و التقشير بالإحتكاك
27- ما هى طرق التقطيع المستخدمة اتجهيز الخضر و الفاكهة و ما الهدف من عملية التقطيع
28- إرسم أحد أجهزة السلق و أذكر الأهداف من عملية السلق للخضر.
29- أذكر أقسام اجهزة التجميد المستخدمة لتجميد الأغذية
30-ما هى مزايا استخدام جهاز التجميد ذو الطبقة المثارة؟
31- أذكر فقط أهم التغيرات التى تحدث للمادة الغذائية أثناء التخزين المجمد
32- لماذا يستغرق صهر الأغذية المجمدة مدة أطول من المدة اللازمة لتجميدها؟
33- فرق بين كل من " Drip"، "Leakage".
34-فرق بين كل من البسترة و التعقيم
35-عرف كل من المصطلحات التالية: D-value, Z-value, F –value
36- ما هو الإعتبار الصحى (الطبى) و التجارى لتعقيم الأغذية
37- ما هو الهدف من البسترة للأغذية الغير حامضية و الأغذية الحامضية و ما هى درجات الحرارة و المدة المستخدمة لكل منهما
38- ما هو المقصود بنفق البسترة؟ و ما هى وسائط التسخين المستخدمة بها للعبوات الغذائية المختلفة؟
39- أذكر أنواع الأجهزة المستخدمة للبسترة المستمرة للسوائل الغذائية و ما هو المقصود بكل من الHolding tube و الRegenerator ؟
40- لماذا اعتبر ميكروب *clostridium botulinum* هو الأساس الذى تحسب عليه شدة المعاملة الحرارة لتعقيم الأغذية رغم أن هناك ميكروبات أخرى أشد مقاومة حرارية منه؟
41- أذكر فقط أهم العوامل التى تؤثر على المعاملة الحرارية للأغذية و ما هو رقم الpH المحدد لشدةالمعاملة الحرارية؟
42- وضح برسم تخطيطى خطوات عملية التعليب لمنتج غذائى
43- لماذا تفضل التعبئة على الساخن؟ و ما هى أهداف عملية التسخين الإبتدائى؟

44- اشرح المصطلحات التالية:

Bleeding, Venting, Com up time, Retorts

45- ما هى مزايا المعقم الأفقى الدوار لتعقيم العبوات الغذائية؟

46- ما هى الأقسام الرئيسية لجهاز التعقيم الهيدروساتيكى؟

47- ما هى طرق التعقيم المستمر للسوائل الغذائية و ما هو المقصود باصطلاح Aseptic processing؟

48- ما هى أهم أنواع الفساد التى تتعرض لها المعلبات أثناء التخزين و ما هى أسبابها؟

49- عرف "التجفيف" و ما هى العلاقة بين المحتوى الرطوبى للغذاء و درجة النشاط المائى (a_w) له؟

50- عرف كل من: نسبة الرطوبة (M)، نسبة التجفيف، الرطوبة النسبية؟

51- ما هو تأثيرعملية التجفيف على كل من النشاط الإنزيمى و الميكروبى للغذاء؟

52- اذكر الوظائف الرئيسية للهواء المستخدم فى تجفيف الأغذية

53- ارسم منحنى التجفيف و إشرح ميكانيكية إنتقال الرطوبة أثناء مراحل التجفيف المختلفة

54- ما هى فوائد عملية الكبرتة و الغمر فى القلوى و كيف يمكن إجراؤها عمليا؟

55- ما هى مزايا و عيوب التجفيف الشمسى و ما هى المكونات الرئيسية لمجفف يعمل بالطاقة االشمسية و وظيفة كل منها؟

56- أذكر فقط أنواع المجففات التى يمكن استخدامها لتجفيف الأغذية التالية: الحبوب، الخضروات، الألبان، السوائل الغذائية عالية اللزوجة، مخلفات التصنيع

57- ما هى مزايا استخدام كل من: المجفف متعدد السيور، مجفف الطبقة المثارة

58- ما هو الأساس العلمى فى حفظ الغذية بالتجفيد؟

59- لماذا يفضل تعبئة الأغذية المجففة فى عبوات مفرغة من الأكسجين؟ و ما هى أنواع الغازات الخاملة التى يمكن استخدامها فى العبوة؟

60- أذكر فقط أهم التغيرات المصاحبة لعملية تجفيف الأغذية.

61- عرف المواد المضافة مع ذكر أهمية استخدام هذه المواد فى الاغذية ؟

62- ما هى الاستخدامات غير المرغوبة للمواد المضافة مع ذكر الشروط الواجب توافرها فى المواد المضافة الكيماوية للأغذية ؟

63- اذكر بعض الامثلة للمواد الحافظة الكيماوية مع توضيح التأثير الحافظ والاغذية المستخدم فيها هذه المواد : ثانى اكسيد الكبريت – النترات – بنزوات الصوديوم ؟

64- هى العوامل التى يتوقف عليها نوع التخمير مع ذكر انواع التخمرات التى تحدث فى الاغذية ؟

65- ما هى الشروط الواجب توافرها فى الملح المسخدم فى صناعة التخليل وما هو ضرر استخدام ملح السياحات فى هذه الصناعة ؟

66- اذكرالاشتراطات العامة الواجب توافرها فى المخللات كما ذكر فى المواصفات القياسية المصرية مع ذكر اهم انواع الفساد التى تحدث لهذه المخللات ؟

67- عرف كل من : عصير الفاكهة – نكتار الفاكهة – مشروب الفاكهة – المربى – الجيلى – المرملاد – الفاكهة المحفوظة – الكاستر و البودينج – بودرة الجيلى؟

68- ما هى طرق الحصول على العصير المركزمع ذكرالتطورات التكنولوجية الحديثة لطرق تركيز عصائر الفاكهة والخضروات؟

69- اذكر العيوب التى تحدث فى كل من شراب الفاكهة والجلى وما هى اسباب حدوثها ؟

70- ما هى الاحتياطات الواجب مراعاتها عند استخدام الأيدرومترات مع ذكرأهمية الرفراكتوميتر ومعامل الانكسار في الصناعات الغذائية ؟

71- كيف يمكن ان يحدد صانع الاغذية علامات استواء المربى ؟

72- ما المقصود بكل من Homofermentive ، Heterofermentative اذكر مثال لكل نوع ؟

73-عرف المواد المضافة مع ذكر أهمية استخدام هذه المواد فى الاغذية ؟

74-س-2- ما هى الاستخدامات غير المرغوبة للمواد المضافة مع ذكر الشروط الواجب توافرها فى المواد المضافة الكيماوية للأغذية ؟

75- اذكر بعض الامثلة للمواد الحافظة الكيماوية مع توضيح التأثير الحافظ والاغذية المستخدم فيها هذه المواد : ثانى اكسيد الكبريت – النترات – بنزوات الصوديوم ؟

76- هى العوامل التى يتوقف عليها نوع التخمير مع ذكر انواع التخمرات التى تحدث فى الاغذية ؟

77- ما هى الشروط الواجب توافرها فى الملح المسخدم فى صناعة التخليل وما هو ضرر استخدام ملح السياحات فى هذه الصناعة ؟

78- اذكرالاشتراطات العامة الواجب توافرها فى المخللات كما ذكر فى المواصفات القياسية المصرية مع ذكر اهم انواع الفساد التى تحدث لهذه المخللات ؟
79- عرف كل من : عصير الفاكهة - نكتار الفاكهة - مشروب الفاكهة - المربى - الجيلى - المرملاد - الفاكهة المحفوظة - الكاستر و البودينج - بودرة الجيلى؟
80- ما هى طرق الحصول على العصير المركزمع ذكرالتطورات التكنولوجية الحديثة لطرق تركيز عصائر الفاكهة والخضروات؟
81- اذكر العيوب التى تحدث فى كل من شراب الفاكهة والجلى وما هى اسباب حدوثها ؟
82- ما هى الاحتياطات الواجب مراعاتها عند استخدام الأيدرومترات مع ذكرأهمية الرفراكتوميترومعامل الانكسار في الصناعات الغذائية ؟
83- كيف يمكن ان يحدد صانع الاغذية علامات استواء المربى ؟
84- ما المقصود بكل من Homofermentive ، Heterofermentative اذكر مثال لكل نوع ؟

المراجع

أولا: المراجع العربية

- أحمد فريد السهريجى (1997):- أساسيات هندسة التصنيع الزراعى المكتبة الأكاديمية- القاهرة- مصر
- فتح الله عبد السلام الوكيل (1965):- مذكرات فى علم مبادىء حفظ

الأغذية ، كلية الزراعة– جامعة القاهرة
- محمد سميع رؤوف (1966):– مذكرات فى هندسة مصانع الأغذية كلية الزراعة– جامعة القاهرة
- محمد محروس محمود، يحيى عبد الرازق هيكل، جابر محمد الجندى (2000):– هندسة مصانع الأغذية، وزارة التربية و التعليم–الهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية
- محمود فهمى حسين، محمد ممدوح عبد الباقى، أحمد الوراقى (1968):–
- مذكرات فى الصناعات الغذائية ، كلية الزراعة– جامعة عين شمس
- يحى حسن فودة (1975):– المراقبة الغذائية و الشئون الصحية لمصانع
- الأغذية ، مطبعة جامعة عين شمس– القاهرة
- يحي محمد حسن (1979):– مبادىء الصناعات الغذائية عمادة شئون المكتبات– جامعة الرياض– المملكة العربية السعودية
- يوسف محمد الشريك، العارف غيث مروان (1994):– الإتجاهات الحديثة فى تصنيع وتداول الأغذية المجمدة، الدار العربية للنشر و التوزيع القاهرة – مصر

ثانيا: المراجع الأجنبية

- Bartholomai, Alfred (1987) Food factories; Process, equipment, costs. VCH publishing, Weinheim, Germany
- Branen, A.L.P. M. Davidson and Seppo Salminen (1990). Food additives, Marcel dekker, INC. new York and Basel.
- Casida, L. E. (1970) Industrial microbiology. Wiley and Sons, New York.
- Fellow, P. (2000) Food Processing Technology, Principles and Practice 2nd ed., CRC Press Boca Raton, Boston, New York
- Washington D.C., Woodhead Pblishing Limited, Cambridge, England. Gould, Wilbur A. (1997) Fundamentals of Food Processing and Technology, CTI Publication, Inc., Maryland, U.S.A
- Groeschner, Peter and Ingrid Schulze (1968), Cooling

Preservation of Plant Foods, Fachbuch Publishing, Leipzig, Germany
- Heilscher, Karl and L. Gentschef (1985) Fruits and vegetable Technology, Vol.1, 2, 3, 4 and 5. Technik Publishing, Berlin, Germany
- Heiss, R and K.Eichner (1990) Food Preservation, 2 ed. Springer Publishing, Berlin, Heidelberg, New York, Maroulis, Zacharias B. and G.D. Saravacos (2003), Food Process design, Marcel Dekker, Inc. New York. Basel
- Millier, B. M. and W.Litsky (1976) Industrial microbiology. McGraw-Hill, Inc. New York.
- Saravacos, G.D. and Athnasios E. Kostaro-Poulos (2002) Handbook of Food Processing Equipment, Kluwer Academic/ Penum Publishers. New York
- Schuhmann, H. P. and H. Schuhmann (2005), Food Process Engineering Wiley- VCH Publishing, Germany
- Smith, P.G. (2002), Introduction to Food Process Engineering Kluwer Academic/ Penum Publishers. New York
- Toledo, Romeo T. (1997), Fundamentals of Food Process Engineering, second edition, CBS Publishers& Distributers, New Delhi, India
- Tschenschner, Horst-Dieter (1999), Principles of Food Engineering Behr's Publishing.Hamburg, Germany