

جدول رقم 13 - 6 : العوامل المشاركة في حفظ بعض الأغذية ذات الرطوبة المتوسطة

المنتج	العوامل المشاركة في التأثير على النمو الميكروبي
المربرات	نشاط الماء - قيمة الأس الهيدروجيني - مواد حافظة (حامض سوربيك) - معاملة حرارية.
لحوم	نشاط الماء - قيمة الأس الهيدروجيني - جهد الأكسدة والاختزال - مواد حافظة (نيتريت) - علاقة التنافس بين الأحياء الدقيقة - درجة حرارة التخزين.
كربك	نشاط الماء - مواد حافظة - معاملة حرارية - درجة حرارة التخزين.
فاكهة مجففة	نشاط الماء - قيمة الأس الهيدروجيني - مواد حافظة - معاملة حرارية.
أغذية مجمدة	نشاط الماء - درجة حرارة التخزين.

المصدر : (Sinell), In : ICMSF (1980 a)

والجدير بالذكر أن التعامل مع هذه العوامل المؤثرة بمهارة بواسطة المشتغلين في مجال الأغذية سوف يؤدي لتقديم أغذية للمستهلك أكثر ثباتاً وأماناً وطزاجة وذات قيمة تغذوية عالية.

### 13 - 6 فساد الأغذية

يعتبر فساد الأغذية هو السبب الرئيسي لفقدائها حيث أن كثيراً من الأغذية لا تصل إلى المستهلك بسبب فسادها أو تفسد أو تصبح غير آمنة بعد شرائها وبالتالي فإن الفساد يعتبر مشكلة لكل من المنتج والصانع والمستهلك.

وعلى الرغم من اعتقاد الكثيرين بمعرفتهم بتعريف الفساد إلا أن لفظة فساد الأغذية غالباً ما تعكس صور مختلفة لأفراد مختلفين. وعموماً يعرف فساد الأغذية بمعناه العريض بأنه أى تغير في الغذاء يجعله غير مقبول بواسطة المستهلك وعادة ما تكون هذه التغيرات عبارة عن عيوب واضحة في الخواص الحسية للغذاء مثل اللون والنكهة والمظهر (الفساد الحقيقي أو المثالي). وفي حالات أخرى يكون من الصعب الكشف عن هذه التغيرات كما في

حالة تواجد أحياء دقيقة ضارة بالصحة أو في حالة حدوث فقد في القيمة التغذوية للغذاء .

وأسباب فساد الأغذية متعددة وقد تكون أسباباً داخلية أو خارجية بمعنى أن سبب الفساد قد يأتي من مصدر داخل الغذاء نفسه أو من مصدر خارجي . وبصفة عامة يوجد ثلاثة أسباب لفساد الأغذية وهي نمو الأحياء الدقيقة - تدهور فسيولوجي أو كيميوي - تلف فيزيقي . وطبعاً فإن الأهمية النسبية لأي من هذه الأسباب تختلف حسب نوع الغذاء وعلى الرغم من ذلك فإنه في كثير من الأغذية يحدث الفساد نتيجة لاشتراك أكثر من سبب من هذه الأسباب معاً .

تقسم الأغذية على حسب قابليتها للفساد إلى ثلاث مجموعات، الأولى تسمى بالأغذية سريعة القابلية للفساد perishable foods وهذه المجموعة تضم أهم الأغذية المتناولة يومياً - والتي تفسد ما لم يتم حفظها بإحدى طرق الحفظ المختلفة - مثل اللحم والسمك والدواجن ومعظم الفاكهة والخضروات واللبن . والمجموعة الثانية تسمى بالأغذية متوسطة القابلية للفساد semiperishable foods وهي الأغذية التي إذا تم تناولها وتخزينها بطريقة جيدة لا تفسد لفترة طويلة نسبياً مثل درنات البطاطس والمكسرات وبعض أصناف التفاح . المجموعة الثالثة وتسمى بالأغذية عديمة القابلية للفساد أو الأغذية الثابتة stable or nonperishable foods وهي الأغذية التي لا تفسد إلا إذا تم تناولها بطريقة سيئة وعدم عناية مثل السكر والملح والبقول الجافة .

### 13-6-1 فساد الأغذية بواسطة الأحياء الدقيقة

تعتبر الكائنات الحية الدقيقة سبباً رئيسياً في فساد الأغذية، والكائنات الحية الدقيقة جزء طبيعي من البيئة التي نعيش فيها وتواجد غالباً في كل مكان على الأرض بما في ذلك الأغذية (تلوث الأغذية من المصادر الطبيعية) . ولكن ليست كل الأحياء الدقيقة الموجودة على الأغذية سوف تسبب فسادها، فمعظم الأحياء الدقيقة الموجودة في الأغذية غير ضارة وتكون محمولة فقط بواسطة الغذاء hitchhikers . ولكن توجد أنواع قليلة من الأحياء الدقيقة تكون هي السبب في فساد معظم الأغذية وتسمى هذه الكائنات بالكائنات المسببة للفساد الحقيقي أو المثالي true spoilage organisms وهذه الكائنات لها قدرة على عمل تحلل وتدهور الغذاء حيث تظهر في صورة تغيرات تربطها بالفساد (التغيرات الحسية في اللون

والنكهة والمظهر). والجدير بالذكر أن مثل هذه التغيرات غير المرغوبة تكون بمثابة إنذار للمستهلك بأن هذا الغذاء قد لا يكون آمناً للإستهلاك. وسوف نلقى الضوء على هذا النوع من الفساد في هذا الباب.

كما توجد كائنات حية دقيقة تسبب أمراضاً للإنسان والحيوان يطلق عليها اسم الأحياء الدقيقة الممرضة pathogens وهذه الكائنات الممرضة تعتبر من أقل الأحياء الدقيقة شيوعاً كمسبب لفساد الأغذية ولكن نظراً للنتائج الخطيرة المترتبة على تواجدها في الأغذية (حدوث أمراض لمن يتناولها) فإن ذلك جعلها ذات أهمية بالغة سواء لصانعي الأغذية أو المستهلك. والجدير بالذكر أن هذه الكائنات الممرضة تنمو في الأغذية لمستوى يسبب خطورة على صحة الإنسان دون أن تؤثر على الخواص الحسية للأغذية. وسوف نفرد لها باباً خاصاً من أبواب هذا الكتاب (التسمم الغذائي البكتيري والفطري - الباب رقم 14).

وهناك بعض الأحياء الدقيقة غير الممرضة والمسببة للفساد يمكنها أن تحدث (مرضاً) تسمى غذائياً والمثال على ذلك التسمم الغذائي المعروف باسم التسمم الغذائي الإسقمري Scombroid food poisoning (نسبة إلى فصيلة الأسماك المعروفة باسم الإسقمريات) وهذا التسمم يعتبر مشكلة في الأسماك مثل التونة والماكريل فهذه الأسماك يحدث لها فساد بواسطة البكتريا ينتج عنه تحلل البروتينات وتجمع الهستامين في أنسجة السمك، والمستهلك الذي يتناول هذا السمك تظهر عليه أعراض تفاعلات الحساسية الشديدة.

الأحياء الدقيقة المسببة للفساد الحقيقي أو المثالي true spoilage organisms

يتوقف عدد ونوع الأحياء الدقيقة في الأغذية بدرجة كبيرة على نوع المنتج الغذائي وطرق تصنيعه وظروف تخزينه، فمثلاً الأغذية الخام تختلف تماماً عن تلك المصنعة في عدد ونوع الأحياء الدقيقة المتواجدة عليها أو فيها كما أن لها مجموعة من المشاكل الخاصة بها من حيث الفساد، وبصفة عامة يمكن القول بأن الأغذية الخام لها كائنات حية دقيقة غير متجانسة بينما الأغذية المصنعة عادة تحتوي الأحياء الدقيقة التي أمكنها أن تقاوم طريقة تصنيع ثم ظروف تخزين الغذاء.

والجدير بالذكر أن مجرد تلوث الأغذية الخام بالأحياء الدقيقة من مصادر التلوث

الطبيعية أو بقاء أحياء دقيقة قاومت طرق التصنيع المختلفة وذلك بالنسبة للأغذية المصنعة، كل ذلك لا يعنى فساد الغذاء ، بل يكمن الخطر فى نمو وتكاثر الميكروبات فى الغذاء نفسه وبالتالى يحدث الفساد.

ومن المشاهدات العملية نجد أن كل غذاء من الأغذية المختلفة يفسد نتيجة الأنشطة الكيموحيوية لأحياء دقيقة معينة تختلف عن تلك المسببة لفساد غذاء آخر، فاللحوم المبردة تفسد نتيجة نمو وتكاثر البكتريا السيكتروتروفية psychrotrophes العسوية السالبة لصبغة جرام وبالتالى تزدى لتكوين مواد لزجة على سطح اللحوم بينما اللحوم المنضجة cured يظهر الفساد فيها فى صورة تغير طعمها إلى الطعم الحامضى نتيجة نمو وتكاثر البكتريا micrococci ، lactobacilli ، microbacteria وتفسد عصائر الفاكهة نتيجة التخمر بواسطة الخمائر بينما يرجع فساد الخضروات لإجتياح البكتريا السالبة لصبغة جرام مكونة تلف الأنسجة (التعفن، rots بينما تفسد كل من الفاكهة المجففة والحبوب والبقول بواسطة الأعفان.

معنى ذلك أن الأحياء الدقيقة المسببة لفساد نوع معين من الغذاء هى تلك الأحياء الدقيقة التى أمكنها النمو والتكاثر فى هذا الغذاء تحت ظروف تخزينه (أى أن العوامل المؤثرة على نمو الأحياء الدقيقة فى هذا الغذاء ملائمة لنموها) وبالتالى يكون لها السيادة فى هذا الوسط وتسبب فساد هذا الغذاء. وهذه الأحياء الدقيقة التى تسبب فساد الأغذية تسمى مسببات الفساد الحقيقى أو المئالى.

أولاً : تأثير الكائنات المسببة للفساد الحقيقى على مكونات الغذاء

إن فساد غذاء الإنسان ليس هدفاً فى حد ذاته للأحياء الدقيقة ولكنها ببساطة تحاول أن تحيا مثل أى مخلوق فهى مثل باقى الأحياء تحتاج للمغذيات والماء والمعادن لتحيا وتلتمو وتتكاثر لذا فأنها تحلل مكونات الأغذية للحصول على هذه الاحتياجات.

1 - إنحلال المواد الكربوهيدراتية

نجد أن معظم الكربوهيدرات المتواجدة طبيعياً فى الأغذية تكون فى صورة سكاكر ثنائية (مثل السكروز والمالتوز واللاكتوز) أو سكاكر عديدة (البكتين والسليلوز والنشا ..) مع

وجود بعض السكاكر الأحادية الحرة (جلوكوز وفركتوز وجالاکتوز). ولكى تستفيد الأحياء الدقيقة من المواد الكربوهيدراتية فلا بد أن تحلل الكربوهيدرات المعقدة أولاً إلى مكوناتها من السكاكر الأحادية وذلك بواسطة النظم الإنزيمية المتاحة لكل كائن حى دقيق. ونجد أن إنحلال البكتين له أهمية كبيرة فى فساد الأنسجة النباتية حيث تقوم الأحياء الدقيقة التى لها قدرة على إنتاج الإنزيمات المحللة للبكتين pectolytic enzymes بتكسير الروابط الجليكوسيدية ونتيجة لذلك تحدث طراوه فى الأنسجة النباتية تعرف باسم داء تلف الأنسجة الطرى أو التعفن الطرى soft rot ثم يأتى إنحلال السليلوز فى المرتبة الثانية كمسبب لفساد الأنسجة النباتية.

بعد تكسير السكاكر المعقدة إلى مكوناتها من سكاكر أحادية تقوم الأحياء الدقيقة باستهلاك هذه السكاكر الأحادية، ويعتبر الجلوكوز أهم الكربوهيدرات التى تستخدم بواسطة الأحياء الدقيقة كمصدر للكربون والطاقة. ويتم تكسير السكاكر الأحادية عن طريق عدة مسارات أيضية (ميتابولزمية)، وبناءً على المسار الميتابولزمية المتاح للكائن وأيضاً الظروف البيئية المحيطة تختلف النواتج الميتابولزمية الناتجة من تكسير السكاكر الأحادية وهى تشمل أحماضاً عضوية، كحولات،  $\text{CO}_2$ ،  $\text{H}_2$ ،  $\text{H}_2\text{O}$ ، ويوضح جدول رقم 13 - 7 بعض النواتج الميتابولزمية لتكسير الكربوهيدرات بواسطة أحياء دقيقة مختلفة.

## 2 - إنحلال الليبيدات

تعتبر الدهون أهم الليبيدات الموجودة فى الأغذية وهى عبارة عن ثلاثى أسيل جليسرول (جاسريدات ثلاثية)، وكثير من الأغذية تحتوى على دهون وهذه تكون عرضة للتحلل المائى أو الأكسدة وبعض العمليات الأخرى التى ينتج عنها تغيرات فى نكهة الغذاء. ويطلق لفظة ترنخ rancidity على عملية تدهور deterioration الدهن. وانطلاق الأحماض الدهنية من الدهن يطلق عليه الترنخ التحالى hydrolytic rancidity أما التدهور التأكسدى فيسمى الترنخ التأكسدى oxidative rancidity وأكسدة الدهون غالباً ما تكون راجعة لإنزيمات الأنسجة tissue enzymes أو التأكسد الذاتى autoxidation أكثر من كونها راجعة لنشاط الأحياء الدقيقة. ونجد أن التغيرات الرئيسية فى نكهة الأغذية نتيجة ترنخ الدهون ترجع بصفة رئيسية لعمليات الأكسدة وليس لعمليات التحلل وذلك باستثناء انطلاق

جدول رقم 13 - 7 : النواتج الميتابولزمية لتكسير السكاكر الأحادية

بواسطة أحياء دقيقة مختلفة

للنواتج الرئيسية	الاسم العلمي للكائن الحي الدقيق
حامض لاكتيك - كحول إيثانول - $CO_2$	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>
كحول إيثانول - $CO_2$	<i>Saccharomyces</i>
حامض خليك - حامض بيوتيريك - حامض بروبيونيك - حامض أيزوبيوتيريك - حامض أيزوفاليرك - كحول بروبانول - كحول أيزوبيوتيل - كحول بيوتيل - كحول أيزواميل	<i>Clostridium botulinum</i>
حامض بروبيونيك - حامض خليك - حامض أيزوفاليرك - حامض فورميك - حامض سكسينيك - حامض لاكتيك - $CO_2$	<i>Propionibacterium</i>
حامض لاكتيك - حامض خليك - حامض فورميك - $H_2 - CO_2$	<i>Escherichia coli</i>
أسيتوين acetoin - جليسرول - 3,2 - بوتانول - حامض butanediol - حامض لاكتيك - حامض سكسينيك - حامض فورميك - حامض خليك - $CO_2$	<i>Bacillus cereus</i>

المصدر : (Banwart 1989).

الأحماض الدهنية المتطايرة (نتيجة التزنج التحللي). كما أن التزنج التحللي له أهمية خاصة عند انطلاق أحماض دهنية قصيرة السلسلة ذائبة في الماء (أحماض: بيوتيريك - كابريك - كابرليك) حيث تسبب نكهة متزنخة كريهة في اللبن.

والجدير بالذكر أن الدهن النقي لا يهاجم بواسطة الأحياء الدقيقة وذلك لضرورة وجود المغذيات اللازمة للأحياء الدقيقة ذائبة في وسط مائي .. ولكن معظم الأغذية الدهنية (زبد - قشدة - مارجرين) بها وسط مائي مرتبط بالدهن . ويوضح جدول رقم 13 - 8 أهم الأجناس التي بها أنواع وسلالات محللة للدهن .

جدول رقم 13- 8 : أهم الأجناس التي بها أنواع وسلالات محللة للدهن

البكتريا	الفطريات
<i>Acinetobacter</i>	<i>Absidia</i>
<i>Aeromonas</i>	<i>Alternaria</i>
<i>Alcaligenes</i>	<i>Aspergillus</i>
<i>Bacillus</i>	<i>Candida</i>
<i>Chromobacterium</i>	<i>Cladosporium</i>
<i>Corynebacterium</i>	<i>Endomyces</i>
<i>Enterobacter</i>	<i>Fusarium</i>
<i>Flavobacterium</i>	<i>Geotrichum</i>
<i>Lactobacillus</i>	<i>Mucor</i>
<i>Micrococcus</i>	<i>Neurospora</i>
<i>Pseudomonas</i>	<i>Penicillium</i>
<i>Serratia</i>	<i>Rhizopus</i>
<i>Staphylococcus</i>	<i>Torulopsis</i>
<i>Streptomyces</i>	

المصدر : (1989) Banwart .

### 3 - إنحلال البروتينات

تقاوم البروتينات الأصلية الطبيعية native proteins مهاجمة الأحياء الدقيقة لها ولذلك تقوم الأحياء الدقيقة باستخدام مركبات لها وزن جزيئي صغير مثل الببتيدات الثنائية والأحماض الأمينية الحرة الموجودة في أنسجة الأغذية البروتينية مثل اللحم والدجاج والسمك ونجد أن معظم الأغذية البروتينية يحدث لها فساد قبل تكسر أى كمية جوهرية من البروتين ولكن في مراحل الفساد المتقدمة يتحلل بعض البروتين بواسطة الإنزيمات المحللة للبروتين سواء من الأنسجة نفسها أو من الأحياء الدقيقة.

أما تكسر الأحماض الأمينية فيعتبر شيداً أساسياً في فساد الأغذية البروتينية والنواتج التي تتكون نتيجة هدم الأحماض الأمينية تعتمد على عدة عوامل أهمها : نوع الكائن الحي الدقيق - نوع الحامض الأميني - درجة الحرارة المخزن عليها الغذاء - كمية الأكسجين المتاحة - نوع المثبطات (إن وجدت).

وطبعاً يوجد العديد من الأحماض الأمينية وبالتالي نتوقع وجود العديد من النواتج. والنواتج التي تتكون تحت ظروف لاهوائية تكون لها رائحة كريهة عفنة وهذا النوع من الهدم يطلق عليه تعفن putrefaction أما الهدم الذي يحدث تحت ظروف هوائية فيسمى تحلل أو اضمحلال decay .

تشمل نواتج هدم الأحماض الأمينية بواسطة الأحياء الدقيقة العديد من المركبات التي تحدث تغيرات في نكهة الأغذية أهمها:  $H_2S$ ،  $NH_3$ ،  $H_2$ ،  $CO_2$  ، أحماض عضوية وكحولات وأميدات ومركباتانان mercaptans . والجدير بالذكر أنه يحدث ارتفاع في قيمة الأس الهيدروجيني ( pH ) للأغذية البروتينية نتيجة لإنتاج الأمونيا والأمينات ويؤخذ هذا الارتفاع في قيمة الأس الهيدروجيني كمؤشر لهدم البروتين.

#### 4 - أنماط أخرى من تدهور الأغذية تسببها الأحياء الدقيقة

بالإضافة للتغيرات الناتجة من إنحلال الكربوهيدرات والدهون والبروتينات (طراوة الأنسجة وتغيير نكهة الغذاء) فإن الأحياء الدقيقة يمكنها عمل تغيرات أخرى غير مرغوبة في الأغذية وذلك عن طريق تغيير مظهر الغذاء نتيجة لنمو بكتريا ملونة أو ظهور ميسليوم الأعفان على سطح الغذاء كما يمكن للأحياء الدقيقة أن تحدث تغييرا في لون صبغات الغذاء (كلوروفيل وكاروتين مثلًا) . كما تقوم الأحياء الدقيقة بتكوين دكسترانات dextrans أو ليفانان levans من السكاكر الـ ثائية الموجودة في الغذاء وتظهر في صورة مواد لزجة على سطح الأغذية مثل اللحم والدجاج والسك أو في صورة تحبب ropines في أغذية مثل اللبن والخبز، كما قد تتواجد الدكسترانات في صورة كتل كروية أثناء تصنيع سكر القصب والبنجر فتزيد لزوجة المحاليل السكرية وتعيق عملية الترشيح والبلورة .

ثانياً : أمثلة للعيوب الشائعة التي تسببها الأحياء الدقيقة فى بعض الأغذية :  
 كما ذكرنا ، فإن فساد الأغذية الميكروبي لا يتحقق إلا بوجود أعداد هائلة من الأحياء  
 الدقيقة فى الغذاء وأن الأحياء الدقيقة المسببة لفساد غذاء معين هى تلك القادرة على النمو  
 ويكون لها السيادة تحت الظروف المحيطة بهذا الغذاء (العوامل المؤثرة على نمو الميكروبات)  
 وفيما يلى أمثلة لبعض العيوب التي تسببها الأحياء الدقيقة فى أغذية معينة .

### 1 - الفاكهة والخضروات الطازجة

هذه المنتجات رطبة للغاية وبالتالي تكون شديدة التعرض للفساد بواسطة الأحياء  
 الدقيقة ومع ذلك نجد أن كلا من الدرعين يختلفان اختلافا جوهريا عن الآخر فالفاكهة  
 عادة حامضية وتحتوى تركيزاً أعلى من السكاكر بينما الخضروات لها قيمة أس  
 هيدروجيني (pH) متعادل وتحتوى كمية أقل من السكاكر . وبالتالي فإن نوع الكائنات  
 الحية الدقيقة المسؤولة عن فساد الفاكهة تختلف عن تلك المسببة لفساد الخضروات ،  
 فحموضة الفاكهة تجعلها أكثر مقاومة لنمو البكتريا - باستثناء البكتريا المقاومة للحموضة  
 (*Leuconostoc - Lactobacillus*) - ولكن هذه الظروف تساند نمو الأعفان والخمائر .  
 ويظهر فساد الفاكهة بواسطة الأعفان فى صورة مناطق تالفة (أو عفة rotted) عليها نمو  
 واضح من الميسليوم والسبب فى وجود داء تلف الأنسجة (التعفن) rotting هو إنتاج  
 إنزيمات محللة للبكتين وتسبب طراوة النسيج . وأهم الأعفان المسببة لفساد الفاكهة تتبع  
 الأجناس *Alternaria - Byssochlamys - Penicillium - Rhizopus* . وتسبب  
 الخميرة عادة فسادا ثانويا secondary spoilage حالما سببت الأعفان الفساد الأولى  
 primary spoilage أو طالما حدث تلف لسبب آخر لنسيج الثمرة ، مما يتيح للخميرة  
 الدخول للأنسجة والنمو والتكاثر على السكاكر الموجودة داخل النسيج النباتى . وأهم الخمائر  
 المشاركة فى فساد الفاكهة أنواع تابعة للأجناس *Debaryomyces - Candida - Saccharomyces - Pichia - Kloeckera - Hansenula - Hanseniaspora - Torulopsis* . ويبين الجدول رقم 13 - 9 أهم العيوب فى بعض الفاكهة ومنتجاتها .

جدول رقم 13 - 9: بعض العيوب التي تسببها الأحياء الدقيقة في الفاكهة ومنتجاتها

المادة الغذائية	المرض	الأسم العلمي للكائن المسبب للعيوب
الفاكهة الطازجة (عموما)	داء تلف الأنسجة (تعفن) بواسطة العفن الأزرق داء تلف الأنسجة (تعفن) بواسطة العفن الأسود داء تلف الأنسجة (التعفن) للطرى soft rot داء تلف الأنسجة (تعفن) بواسطة العفن الأخضر	<i>Penicillium expansum</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>Byssochlamys fulva, Penicillium</i> <i>Penicillium digitatum</i>
الخبز	تعفن	<i>Torulopsis, Candida, Pichia</i>
المسوز	black rot      التعفن الأسود	<i>Alternaria</i>
المرارة	تعفن	<i>Kloeckera</i>
الموالح	soft rot      التعفن الطرى green mould      العفن الأخضر	<i>Rhizopus</i> <i>P. digitatum</i>
المربض	العفن الأزرق العفن الأسود	<i>P. italicum</i> <i>Alternaria</i>
المربض	تعفن	<i>Saccharomyces, Candida</i> <i>Hanseniaspora, Torulopsis</i>
المربض	حموضة	<i>Gluconobacter</i>
الزيتون	softening      طراوة	<i>Rhodotorula, Saccharomyces,</i> <i>Hansenula</i>
عصائر الفاكهة	حموضة - CO <sub>2</sub>	<i>Lactobacillus</i> , خمائر
	طعم الحن	<i>Acetobacter</i>
	نمو العفن على السطح	<i>Penicillium</i>
	عكارة	Nonfermenting yeast      خمائر غير مخمرة
	عكارة وكحول	Fermenting yeast      خمائر مخمرة
	نكهة الزيد	<i>Lactobacillus, Leuconostoc</i>
المربض والهللى	نموفطرى	<i>Xeromyces bisporus</i>
	تعفن	Osmophilic yeasts
		خمائر محبة للضغط الإسموزى العالى

أما فساد الخضروات فوجد أن لكل من البكتريا والأعفان دوراً هاماً في حدوثه، ولما كانت البكتريا تنمو أسرع من الأعفان فبالنتالي فهي المسؤولة أكثر عن فساد الخضروات. ونجد أن أعراض فساد الخضروات بالأعفان تشابه نفس أعراض فساد الفاكهة بالأعفان. كما تسبب البكتريا داء تلف الأنسجة (التعفن) الطرى wet or soft rots، ويبدأ التعفن الطرى كمناطق صغيرة غائرة على الخضروات ثم لا تلبث أن تتحول هذه المناطق إلى التعفن الطرى حيث تنتشر لتشمل الخضار كله. وتكون أعراض الفساد هذه نتيجة لفعال الإنزيمات المحللة للبكتين ومن أهم الأجناس البكتيرية المنتجة للإنزيمات المحللة للبكتين والمسببة لفساد الخضروات الأجناس: *Xanthomonas - Pseudomonas - Clostridium - Erwinia*. أما الأعفان الهامة في فساد الخضروات فتشمل الأجناس: *Aspergillus - Alternaria - Rhizopus - Fusarium* (جدول رقم 10 - 13).

جدول رقم 10 - 13: بعض العيوب التي تسببها الأحياء الدقيقة في الخضروات ومنتجاتها

المادة الغذائية	المسبب	الاسم العلمي للكائن المسبب للعب
الخضروات الطازجة	داء تلف الأنسجة (التعفن) الطرى	<i>Erwinia carotovora, Pseudomonas fluorescens</i>
	داء تلف الأنسجة (التعفن) الطرى الأسود	<i>Alternaria, Rhizopus nigricans</i>
	داء تلف الأنسجة (تعفن) بواسطة العفن الأسود	<i>Aspergillus niger</i>
	داء تلف الأنسجة (تعفن) بواسطة العفن الأزرق	<i>Penicillium</i>
الموز	داء تلف الأنسجة (التعفن) الطرى	<i>E. carotovora, Rhizopus stolonifer</i>
البصل	تعفن الرقبة neck rot	<i>Botrytis allii</i>
	داء تلف الأنسجة (التعفن) اللبني	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
	العفن الأسود black mold	<i>Aspergillus niger</i>
البطاطس	داء تلف الأنسجة (التعفن) الجاف dry rot	<i>Fusarium</i>
الطماطم	تعفن	<i>Candida, Pichia, Hanseniaspora, Kloeckra</i>
	تعفن قبرى fungal rot	<i>Alternaria, Aspergillus, Botrytis, Colletotrichum, Monilia, Penicillium, Rhizopus</i>

تابع جدول رقم 13 - 10 :

المادة الغذائية	المسبب	الأسم العلمي للكائن المسبب للعيب
الطماطم	بقع أو لطفج بكتيرية bacterial spot	<i>Xanthomonas</i>
مخفلات	طراوه	<i>Bacillus</i>
	إسويداد	<i>Bacillus</i>
	نقص الحموضة	خمائر
عصير	حموضة	<i>Lactobacillus , Acetobacter</i>
خضنرات		

المصدر : مختصر من (1989) Banwart .

## 2 - الحبوب والمكسرات وبعض الأغذية الكريوهيدراتية الأخرى

عادة ما تكون الحبوب والمكسرات جافة قبل تخزينها لذلك تكون مقاومة للفساد بواسطة الأحياء الدقيقة، وعلى الرغم من ذلك فإن الأحياء الدقيقة قد تُفسد هذه الأغذية إذا لم تجفف لدرجة مناسبة أو لم يتم المحافظة على حالتها الجافة وفي هذه الحالة ينتج الفساد بواسطة الأعفان (جدول رقم 13 - 11) لأن هذه الأغذية - في حالة عدم تجفيفها لدرجة مناسبة - تظل جافة للدرجة التي تمنع نمو البكتيريا. وفساد هذه الأغذية يشمل تغيير المظهر نتيجة للنمو الفرائي أو الزغبى *furry or fuzzy* لميسيليوم العفن، فقد في الوزن والمغذيات، وتكوين سموم فطرية.

أما الخبز فيفسد بواسطة الأعفان وأيضاً بواسطة البكتيريا مثل *Bacillus subtilis* وبكتيريا حامض اللاكتيك (جدول رقم 13 - 11).

تتميز الأغذية مثل الشيكولاته والعسل والمحاليل السكرية والمياه الغازية بوجود نسبة عالية من السكر بها لذا فإنه إذا تم تداولها بطريقة سيئة فإنها تفسد بواسطة الخمائر المحبة للضغط الإسموزي العالي أو المقاومة للضغط الإسموزي العالي (جدول رقم 13 - 11).

جدول رقم 13 - 11 : بعض العيوب التي تسببها الأحياء الدقيقة في الحبوب وبعض

الأغذية الكربوهيدراتية الأخرى

المادة الغذائية	العيوب	الأسم العلمي للكائن المسبب للعيوب
الحبوب	نمو فرائي من العفن	<i>Penicillium - Aspergillus</i>
	فساد اللون	<i>Rhizopus nigricans</i>
الفول السوداني والمكسرات	نمو فرائي من العفن	<i>Aspergillus - Penicillium - Fusarium</i>
الخبز	التحلب	<i>Bacillus Subtilis</i>
	العفن الأسود	<i>Rhizopus nigricans</i>
	العفن الأزرق	<i>Penicillium</i>
	العفن الوردي	<i>Neurospora</i>
	طعم حامض	بكتريا حامض اللاكتيكه
شيكولاته	تخمير	خمائر مقاومة أو محبة للضغط الإسموزي العالي
عسل	تخمير ونكهة للخميرة	خمائر محبة للضغط الإسموزي العالي
مياه غازية	عكارة	خمائر
محاليل سكرية	لزوجة	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>
	تخمير وطعم للخميرة	خمائر محبة للضغط الإسموزي العالي

المصدر : مختصر من (Banwart 1989).

### 3 - المنتجات الحيوانية

تعتبر اللحوم والدواجن والأغذية البحرية أغذية قابلة للفساد بدرجة كبيرة very perishable لاحتوائها على جميع المغذيات والرطوبة اللازمة لنمو الأحياء الدقيقة ، لذلك يتم تبريدها وتحفظ إما في الثلج أو في الثلجات ومن ثم تسود فيها البكتريا السيروتروفية لتصبح المسبب الرئيسي لفساد هذه الأغذية. وقد وجد أن أفراد الجنس *Pseudomonas* والبكتريا القريبة منها تسبب معظم الفساد في اللحوم، الدواجن، الأسماك، الجمبرى، البيض. وبالتالي تتشابه أعراض الفساد في اللحوم والدواجن والأغذية

البحرية لتشمل: رائحة غير مرغوبة - لزوجة السطح - تغير اللون.

تفسد اللحوم المبردة نتيجة لنمو البكتريا *Alcaligenes - Acinetobacter* - *Pseudomonas*. ويظهر الفساد في صورة رائحة غير مرغوبة ووجود مواد لزجة على السطح (جدول رقم 13 - 12). وعند تخزين اللحوم في اللاجئات قد تفقد رطوبة وبالتالي ينخفض نشاط الماء مما يبطئ البكتريا المسببة لفساد اللحوم عادة وإذا انخفض نشاط الماء لأقل من 0.96 تبدأ الأعفان في النمو لتسبب عيوباً متنوعة في اللحوم المبردة (جدول رقم 13 - 12).

ولكن اللحوم المنضجة *cured meat* والمتخمرة تسود فيها أنواع أخرى من الأحياء الدقيقة المسببة للفساد وذلك يرجع لانخفاض كل من قيمة الأس الهيدروجيني ونشاط الماء بالإضافة لوجود مواد حافظة (نيتريت) وأهم الأحياء الدقيقة المسببة لفساد هذه المنتجات *Lactobacillus, Micrococcus* وبعض الفطريات (جدول رقم 13 - 12).

جدول رقم 13 - 12: أهم العيوب التي تسببها الأحياء الدقيقة في اللحوم ومنتجاتها

المادة الغذائية	العيب	الأسم العلمي للكائن المسبب للعيوب
لحوم مبردة 0 - 5 م (32-41ف)	رائحة غير مرغوبة - مواد لزجة - فساد اللون.	<i>Pseudomonas, Aeromonas, Alcaligenes, Acinetobacter, Microbacterium, Proteus, Flavobacterium, Altermonas, Saccharomyces</i>
	نمو العفن	<i>Penicillium</i>
	بقع سواد	<i>Cladosporium</i>
	بقع بيضاء	<i>Sporotrichum</i>
السلجق	مواد لزجة على السطح	<i>Micrococcus</i> , خمائر
	تغير اللون إلى الأخضر	<i>Lactobacillus viridescens, Leuconostoc</i>
السلجق	مواد لزجة	خمائر
المتخمرة	بقع فطرية	أعفان

المصدر: مختصر من (Banwart 1989).

أهم مظاهر فساد الدواجن هي الرائحة غير المرغوبة وتكوين مواد لزجة وكما هو الحال في اللحوم فإن الجنس *Pseudomonas* يعتبر المسبب الرئيسي للفساد بالإضافة لبعض الأجناس الأخرى مثل *Alcaligenes - Acinetobacter* (جدول رقم 13 - 13) .

يفسد البيض سريعاً إذا تم تخزينه أو غسله بطريقة غير مناسبة وبالتالي تستطيع الأحياء الدقيقة اختراق الحوزج الواقية (القشرة والأغشية) وتقاوم المثبطات الطبيعية الموجودة في البيومين البيض. ويعتبر الجنس *Pseudomonas* أهم مسببات فساد البيض، بالإضافة لبعض الأعفان (جدول رقم 13 - 13) .

جدول رقم 13 - 13 : بعض العيوب التي تسببها الأحياء الدقيقة في الدواجن والبيض

المادة الغذائية	العيوب	الأسم العلمية للكائن المسبب للعيوب
لحم للدواجن	رائحة غير مرغوبة - مواد لزجة	<i>Pseudomonas , Acinetobacter, Alcaligenes, Aeromonas , Alteromonas</i>
البيض	التفنن الأسود حامض بال قديم نموات من الأعفان التفنن الأحمر التفنن الأصفر والأخضر	<i>Proteus, Aeromonas</i> <i>Pseudomonas</i> <i>Pseudomonas</i> أنواع متعددة من الأعفان <i>Serratia marcescens</i> <i>Alcaligenes , Flavobacterium</i>

المصدر: مختصر من (Banwart 1989) .

يعتبر الجنس *Pseudomonas* أنشط الأحياء الدقيقة المسببة لفساد الأسماك والجمبرى المخزنة على درجة الصفر المئوي (32°ف). أما السمك المملح فيفسد بواسطة البكتريا المحبة للملوحة (جدول رقم 13 - 14) .

جدول رقم 13 - 14 : بعض العيوب التي تسببها الأحياء الدقيقة في الأغذية البحرية

المادة الغذائية	العيوب	الأسم العلمية للكائن المسبب للعيوب
لحم الطلج	رائحة غير مرغوبة	<i>Pseudomonas</i> , <i>Alteromonas</i> , <i>Acinetobacter</i> , <i>Vibrio</i> , <i>Proteus</i>
	نكهة الفاكهة fruity	<i>Pseudomonas</i>
	رائحة الأمونيا	<i>Pseudomonas</i> , <i>Alteromonas</i>
	رائحة H <sub>2</sub> S	<i>Pseudomonas</i> , <i>Alteromonas</i>
لحم المملح الجمبرى	فساد اللون (لون وردي)	<i>Halobacterium</i> , <i>Halococcus</i>
	رائحة غير مرغوبة	<i>Pseudomonas</i>

المصدر : مختصر من (Banwart 1989) .

تظهر منتجات الألبان روائح غير مرغوبة ويتوقف ظهور عيب بعينه على حسب المنتج اللبنى .. فاللبن السائل المبستر قد تظهر فيه العيوب التالية : تغير النكهة - تزنج تحلى - إنتاج غاز - طعم حامض (إنتاج حامض لاكتيك) - تخثر البروتينات - لزوجة القوام (اللبن المتحبل ropy milk) - فساد اللون (جدول رقم 13 - 15) . وكما في باقى المنتجات الحيوانية نجد أن أنواع الجنس *Pseudomonas* لها النصيب الأكبر كمسبب لعيوب اللبن ومنتجاته (طعم مر - تزنج - رائحة الفاكهة fruity odour) . كذلك تلعب بكتريا حامض اللاكتيك وغيرها من البكتريا دوراً في فساد اللبن . والجدير بالذكر أنه عند تصنيع منتج لبنى من لبن به عيب معين فإن هذا العيب يظهر فى هذا المنتج اللبنى .

يفسد الزبد نتيجة للمو الأحياء الدقيقة المحللة للدهون ووجود الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة تتسبب فى نكهة التزنج، كما يمكن للأعفان النمو على سطح الزبد كما تحدث البكتريا السيكتروتروفية تغيرات غير مرغوبة فى نكهة الزبد .

أما منتجات الألبان المتخمرة .. فإنها تفسد بواسطة البكتريا والفطريات . والبكتريا المنتجة للغازات يمكنها أن تحدث عدة عيوب فى الجبن مثل إحداث فجوات أو جيوب غازية

أو شقوق كما تحدث البكتريا الملونة فساد اللون. أما الأعفان فإنها مشكلة شائعة في الجبن والجبن القريش والياغورت (الزبادى) فعند نمو هذه الأعفان على هذه المنتجات يصبح لها مظهر فرائى غير مقبول، كما أن بعض الأعفان لها قدرة عالية على إنتاج الإنزيمات المحللة للبروتين والدهون وبالتالي تسبب عيوباً جوهرية في طعم وقوام الجبن. بالإضافة لإنتاج السموم الفطرية بواسطة بعض الأعفان. كذلك تسبب الخمائر عيوباً في الجبن مثل تغيير اللون والنكهة غير المرغوبة والعييب الغازى frothy، كما تسبب نكهة الخميرة في الياغورت (الزبادى) (جدول رقم 13 - 15) .

جدول رقم 13 - 15 : أهم العيوب التى تسببها الأحياء الدقيقة فى اللبن ومنتجاته

المادة الغذائية	العيب	الأسم العلمى للكائن المسبب للعيب
اللبن المبستر	تزنخ	<i>Pseudomonas , Alcaligenes , Staphylococcus</i>
المبرد	تحبل أو مواد لزجة	<i>Coliforms , Pseudomonas , Bacillus subtilis</i>
	حامضى (حامض وغاز)	بكتريا حامض اللاكتيك
	فساد اللون	<i>Chromobacterium</i>
الجبن	غازى - حامض بيوتيريك	<i>Clostridium tyrobutyricum</i>
	نمو الأعفان	<i>Penicillium , Mucor , ....</i>
الجبن الطرى	للغفن الأسود	<i>Mucor</i>
	نموات على السطح	<i>Torulopsis , Debaryomyces</i>
الجبن القريش	خثرة لزجة - رائحة متحفة	<i>Pseudomonas</i>
	فساد اللون	<i>Flavobacterium ,</i> أعفان وخمائر
ياغورت	نكهة للخميرة	<i>Torulopsis</i> خمائر أممها

المصدر: مختصر من Banwart .

#### 4 - الأغذية المعلبة

قد تفسد الأغذية المعلبة لأحد الأسباب التالية: معاملة حرارية غير كافية - وجود تنفيس فى العلب - التخزين على درجة حرارة عالية أو عدم كفاءة عملية التبريد، وذلك

بالإضافة لاحتمال وجود عيوب في العلب نفسها أو تداول العلب بطريقة سيئة .

تفسد المعلبات غير المعاملة بدرجة كافية عادة بواسطة البكتريا المكونة للأبواغ والمقاومة للحرارة مثل *Desulfotomaculum* ، *Bacillus* ، *Clostridium* والتي يمكنها البقاء حية بعد هذه المعاملة الحرارية .

أما التنفيس leakage فيسبب فساد المعلبات بواسطة البكتريا غير المكونة للأبواغ والتي لا يمكنها مقاومة المعاملة الحرارية ولكنها تدخل إلى العلبة بعد المعاملة الحرارية . ويعطى التخزين على درجات حرارة مرتفعة أو عدم كفاءة التبريد الفرصة للبكتريا المكونة للأبواغ والمحبة لدرجات الحرارة العالية والمقاومة للحرارة heat - resistant thermophilic bacteria ، يعطيها فرصة لكي تنمو .

يوجد أربعة أنواع من البكتريا المحبة لدرجات الحرارة العالية أو للمقاومة لدرجات الحرارة العالية والمكونة للأبواغ تعتبر من أهم مسببات الفساد للأغذية المعلبة (جدول رقم 13-16) .

أ - البكتريا *Bacillus stearothermophilus* : وهي بكتريا تكون أبواغ مقاومة للحرارة بدرجة كبيرة وهي لاهوائية اختياريًا ويمكنها النمو على 70°م (158°ف) ولكنها غير مقاومة للحموضة لذلك فإنها تسبب في فساد الأغذية منخفضة الحموضة ويظهر العيب في صورة حموضة ويصبح غطاء العلبة مسطحاً وليس مقعراً (flat sour) .

ب - البكتريا *Bacillus coagulans* : أبواغها أقل مقاومة للحرارة ولكنها مقاومة للحامض aciduric لذلك تسبب في نفس العيب (flat sour) في الطماطم المعلبة (pH منخفض ومعاملة حرارية أقل) .

ج - البكتريا *Clostridium thermosacchorolyticum* : وهذه لها أبواغ مقاومة للحرارة بدرجة كبيرة وتنتج غازا بكمية كبيرة مما يسبب عيب الانتفاخ الجامد hard swell والعلب المنفجرة blown cans ، وقد يحدث انتفاخ العلب بواسطة أنواع أخرى من *Clostridium* .

د - البكتريا *Desulfotomaculum nigrificans* : وهذه لها قدرة على إنتاج  $H_2S$  كأحد

الدواتج الأيضية فيتفاعل مع أيونات المعادن في العلبه أو الغذاء مكوناً كبريتيدات المعادن وبعضها له لون أسود ويعرف بالفساد الكبريتيدى .

أما الخمائر والأعفان فإنها غير ذات أهمية فى فساد الأغذية المعلبة باستثناء أبواغ العفن *Byssochlamys fulva* التى تقاوم المعاملة الحرارية التى تعامل بها الفاكهة المعلبة (جدول رقم 13 - 16) .

جدول رقم 13 - 16 : أهم العيوب التى تسببها الأحياء الدقيقة فى بعض الأغذية المعلبة

المادة الغذائية	العيوب	الأسم العلمى للكائن المسبب للعيوب
ذرة - بسلة - فول أخضر	حموضة وغطاء العلبه مسطح فساد كبريتيدى	<i>Bacillus stearothermophilus</i> <i>Desulfotomaculum nigrificans</i>
طماطم	إنتفاخ جامد حموضة وغطاء للعلبة مسطح	<i>Clostridium thermosaccharolyticum</i> <i>Bacillus coagulans</i>
فاكهة	تخمر بيوتيرى التعفن الطرى	<i>Clostridium butyricum</i> <i>Byssochlamys fulva</i>
لحوم معلبة	غاز - رائحة تعفنية	<i>Clostridium</i> , <i>Bacillus</i>

### 13 - 7 - طرق السيطرة على الأحياء الدقيقة فى الأغذية (طرق حفظ الأغذية)

إن الهدف الرئيسى للسيطرة على الأحياء الدقيقة فى الأغذية هو منع أو تأخير فسادها (السيطرة على مسببات الفساد الحقيقى) والحد من المخاطر الصحية الناجمة عن تناول الغذاء (السيطرة على الأحياء الدقيقة الممرضة) .

يمكن تقسيم طرق السيطرة على الأحياء الدقيقة إلى أربع مجموعات:

تقليل أو منع وصول الأحياء الدقيقة إلى الغذاء (تقليل أو منع تلوث الأغذية بالأحياء الدقيقة)  
- إزالة الأحياء الدقيقة من الغذاء - تأخير وإعاقة نمو الأحياء الدقيقة - قتل أو تحطيم الأحياء الدقيقة .

والجدير بالذكر أن طرق السيطرة على الأحياء الدقيقة تتمثل فى طرق حفظ الأغذية بيد أن طرق حفظ الأغذية لها أهداف أخرى بالإضافة للسيطرة على الأحياء الدقيقة وتلك تتمثل فى : حماية الأغذية من التفاعلات الإنزيمية والكيميائية التى تؤثر على جودتها - منع فقد المغذيات - المحافظة على الخواص الحسية للغذاء . وسوف نلقى الضوء فى هذا الباب على تأثير طرق حفظ الأغذية على الأحياء الدقيقة فقط .

### 13-7-1 - تقليل أو منع وصول الأحياء الدقيقة للأغذية Asepsis

تبدأ عمليات السيطرة على الأحياء الدقيقة بالعمل على تقليل وصول الأحياء الدقيقة للأغذية - حيث أن منع وصول الأحياء الدقيقة للأغذية يعتبر مستحيلاً - ويتم ذلك بداية من حصاد الأغذية وذلك باستخدام التقنيات المناسبة ومراعاة النظافة واتباع الإجراءات والعادات الصحية السليمة فى حصاد وتعبئة ونقل وتخزين الأغذية وكذلك فى عرضها للبيع (أغذية غير مصنعة) أو أثناء تداولها داخل مصانع الأغذية بداية من الاستلام حتى انتهاء التصنيع، وكذلك تداول المستهلك لها سواء كانت مصنعة أو غير مصنعة. بناءً على ذلك فإن واجب كل من يتعامل مع الغذاء سواء فى إنتاجه أو نقله أو تصنيعه أو تخزينه أو بيعه أو إعداده وتقديمه .. أن يأخذ دوره فى العمل على تقليل تلوث الغذاء (حيث لوحظ أن معظم حالات انتشار الأمراض تكون ناشئة من التداول الخاطئ وتلوث الأغذية فى أماكن تقديم الطعام أو فى المنازل) .. كل ذلك بهدف تقليل الحمل الميكروبي للأغذية حيث أنه كلما قل الحمل الميكروبي ينخفض احتمال وجود الأحياء الدقيقة غير المرغوبة (المسببة للفساد والمرضية) ويكون العمر الحفظى shelf life للغذاء أطول وفى نفس الوقت يسهل السيطرة على الأحياء الدقيقة التى وصلت للغذاء بطرق السيطرة الأخرى.

### 13-7-2 إزالة الأحياء الدقيقة Removal of microorganisms

تتمثل عمليات إزالة الأحياء الدقيقة من الأغذية على المستوى التجارى فى عمليات الغسيل والطررد المركزى والترشيح . يستخدم الغسيل كخطوة من خطوات تجهيز الكثير من الأغذية بغرض إزالة الأحياء الدقيقة وأجزاء التربة العالقة بالغذاء ويقاىا للمبيدات، كذلك يستخدم الطرد المركزى كأحدى خطوات التصنيع فى صناعة السكر وترويق بعض عصائر

الفاكهة. أما إزالة الميكروبات كهدف رئيسي فيتمثل في استخدام الترشيح في بعض الأغذية وأحياناً يطلق على هذه العملية أسم البسترة الباردة cold pasteurization وهذه لها استخدامات محدودة مثل ترشيح المياه وبعض عصائر الفاكهة والخل والمياه الغازية والزيوت النباتية. وطبعاً هذه الطريقة لا تؤثر على الإنزيمات، فإذا كانت التفاعلات الإنزيمية غير مرغوبة فلا بد من استخدام الحرارة لهدم هذه الإنزيمات.

### 3-7-13 تأخير وإعاقة نمو الأحياء الدقيقة Retarding growth

نجد أن معظم طرق حفظ الأغذية تعتمد على تأخير بداية النمو الميكروبي وإعاقة النمو بمجرد أن يبدأ وذلك عن طريق التأثير على بعض العوامل مثل:

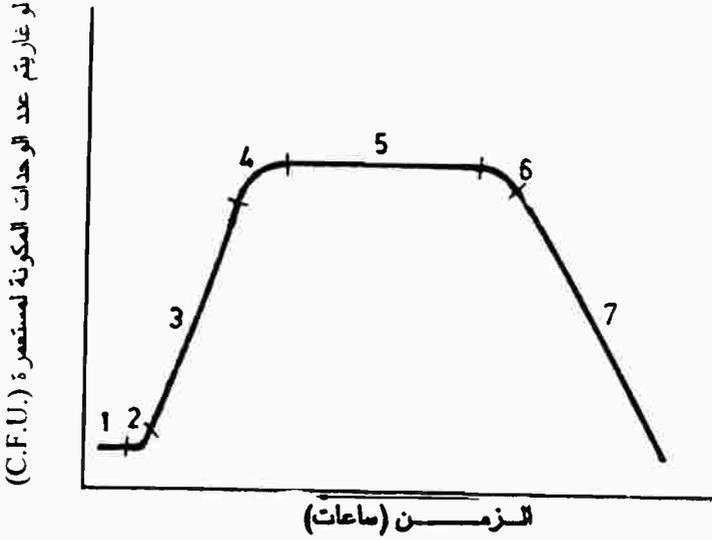
أولاً : خفض درجة الحرارة ويتمثل هذا في حفظ الأغذية بالتبريد والتجميد.

ثانياً : خفض نشاط الماء ويتمثل هذا في حفظ الأغذية بالتجفيف والتجفيد والتجميد والتعليق والتسكر.

ثالثاً : تغيير التركيب الكيماوي للغذاء ويتمثل هذا في حفظ الأغذية باستخدام المواد الحافظة. وقبل التحدث عن هذه العوامل وتلك الطرق المتبعة في حفظ الأغذية فإنه يجب أن نتعرض لما يسمى بمنحنى النمو للأحياء الدقيقة.

### منحنى النمو growth curve

عندما تتوفر الظروف المثالية لنمو الكائن الحي الدقيق فإنه يتكاثر ويمر خلال عدة مراحل تسمى أطواراً. فإذا رسمنا العلاقة بين لوغاريتم عدد "الوحدات المكونة لمستعمرة" / مل أو جم من الغذاء مع الزمن (عند ثبات باقى العوامل من  $pH$ ،  $A_w$ ، ...) لحصلنا على منحنى النمو. ويمكن أن نميز فيه أهم أربعة أطوار (1, 3, 5, 7) - كما ورد في معظم المراجع - بالإضافة لباقي الأطوار السبعة الواضحة في شكل رقم 13 - 20 .

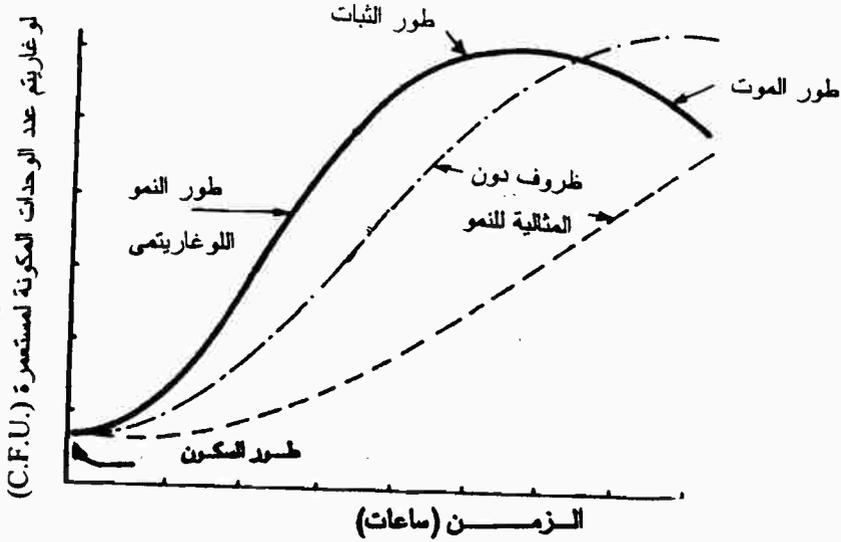


شكل رقم 13 - 20 : منطى النمو

المصدر : معدل من (Frazier & Westhoff (1988).

- 1- طور للسكون lag phase وخلالها لا يحدث زيادة في عدد الخلايا.
- 2- طور النمو المتزايد positive acceleration phase ويحدث خلاله زيادة في معدل التكاثر.
- 3- الطور اللوغاريتمى logarithmic or exponential phase يكون معدل التكاثر خلاله أعلى ما يمكن وثابتاً.
- 4- طور النمو المتناقص negative acceleration phase يقل معدل التكاثر خلاله ولكن يحدث زيادة في العدد.
- 5- طور الثبات stationary phase وهنا يكون عدد الخلايا ثابتاً بمعنى أن عدد الخلايا الجديدة = عدد الخلايا الميتة.
- 6- طور زيادة الموت accelerated death phase يقل فيه معدل التكاثر ويحدث تناقص في عدد الخلايا.
- 7- طور الموت death phase يحدث نقصان في العدد بمعدل سريع ثابت.

أما إذا كانت الظروف المحيطة بالنمو دون الظروف المثلى نتيجة تأثيرات ضاغطة stress من واحد أو أكثر من العوامل المؤثرة على النمو (مغذيات، pH،  $A_w$ ، ...) فهذا يمتد طور السكون و/أو يزداد الزمن الجيلي وهو الزمن الذى ينقضى حتى يتم الانقسام فى خلية حديثة إلى خليتين جديدتين (شكل رقم 13 - 21).



شكل رقم 13 - 21 : تأثير الظروف دون المثالية للنمو على منحنى النمو  
المصدر : Banwart (1989).

فإذا زادت شدة تأثير أحد العوامل أو زاد عدد العوامل المؤثرة (سلباً) فإن الكائن الحى قد لا ينمو أو قد لا يستطيع البقاء حياً survive.

أولاً: تأخير وإعاقة النمو باستخدام درجات الحرارة المنخفضة

### 1 - التبريد

يعنى التبريد عامة حفظ الغذاء على درجات حرارة أقل من 10°م (50°ف) وأعلى من درجة تجمدها. وعلى ذلك فالأحياء الدقيقة ذات الأهمية فى الأغذية المبردة هى تلك السيكتروتروفية والسيكتروفيليه والتي يمكنها النمو على درجات حرارة أقل من 5°م (41°ف)

ولكن يجب أن ننوه هنا إلى أن نمو هذه الأحياء الدقيقة يتناسب تناسباً عكسياً مع الانخفاض في درجة الحرارة. كذلك يمكن لبعض الأحياء الدقيقة المسببة للتسمم الغذائي (*Listeria monocytogenes*, *C. botulinum*) النمو على درجات حرارة 4-6°م (39 - 43°ف) ولكنها لا تستطيع النمو على درجات حرارة أقل من 1.7°م (35°ف). وعلى ذلك فإنه يصح بتخزين الأغذية المبردة على درجات حرارة أقل من 1.7°م (35°ف) وأعلى قليلاً من درجة تجمدها. ولكن يجب مراعاة نوع الغذاء حيث أن بعض الأغذية تصاب بأضرار (غير ميكروبية) بالتخزين على درجات الحرارة سالفة الذكر (وذلك مثل الباميا، البانجان، الليمون، الموز، المانجو...).

نجد أن التبريد يطيل طور السكون ويزيد من الزمن الجيلي بالإضافة لأنه يؤدي لعملية انتقاء للميكروبات السيكروتروفية.

## 2 - التجميد

تجمد الأغذية لإطالة عمرها التخزيني المتحصل عليه من التبريد وعادة يكون تخزين الأغذية المجمدة تجارياً على درجة حرارة -18°م (-0.4°ف) وبالتالي فإنه لا يمكن للأحياء الدقيقة النمو [لا تنمو الأحياء الدقيقة على درجة حرارة أقل من -15°م (5°ف)]. كما أن للتجميد تأثيراً مميماً للأحياء الدقيقة حيث قد يؤدي لقتل حوالي 10% من التعداد الأصلي في أغلب الأحوال وقد تصل هذه النسبة إلى 80%، وذلك يتوقف على: حالة ونوع وعمر الأحياء الدقيقة - معدل التبريد المستخدم - نوع الغذاء وتركيبه الكيماوي. ولكن التعداد المتبقى يمكنه البقاء لمدة طويلة في الأغذية المجمدة. كما أن التجميد يؤدي إلى خفض نشاط الماء للمادة الغذائية حيث يقل الماء المتاح اللازم لنمو الأحياء الدقيقة.

ويجب أن يؤخذ في الاعتبار أن الغذاء المجمد بعد تفكيكه يعتبر قابلاً للفساد مثله في ذلك مثل الغذاء الخام تماماً حيث أن العامل المؤثر (درجة الحرارة المنخفضة) على نمو الأحياء الدقيقة قد زال تأثيره بعد التفكيك فيجب أن يتم تداوله بسرعة وإلا حدث له فساد.

ثانياً : تأخير وإعاقة النمو بالتحكم فى نشاط الماء

### 1 - التجفيف الشمسى والصناعى والتجفيد

نجد أن الأساس العلمى فى طرق الحفظ هذه يعتمد على نزع الماء من الأغذية وبالتالي يقل نشاط الماء بها للحد الذى يمنع نمو الأحياء الدقيقة . ونجد أن أبواغ البكتريا والأعفان تظل حية بعد هذه المعاملات ويمكنها أن تظل فى صورة كاملة لمدة طويلة على الأغذية المصنعة بهذه الطرق .

تؤدى عملية التجفيف عادة إلى تقليل عدد الأحياء الدقيقة ولكن لا تؤدى إلى تعقيم الغذاء، ويتوقف التأثير المميت لعملية التجفيف على عدة عوامل أهمها : نوع وحالة الأحياء الدقيقة الموجودة - ظروف التجفيف (الطريقة المتبعة، درجة الحرارة المستخدمة، زمن ومعدل التجفيف) - نوع الغذاء نفسه (وجود مركبات حامية للأحياء الدقيقة، وجود مثبطات، قيمة الأس الهيدروجينى ) . كما لوحظ موت لنسبة معينة من الأحياء الدقيقة أثناء تخزين الأغذية المجففة بالإضافة لحدوث انتقاء لبعض الأحياء الدقيقة .

### 2 - التمليح والتسكر

لما كان نشاط الماء لغذاء ما على درجة حرارة معينة يحسب من المعادلة

$$A_w = P / p_0$$

حيث  $P$  = ضغط بخار الماء فى الغذاء ،  $p_0$  = ضغط بخار الماء النقى

∴ . تنخفض  $A_w$  للغذاء بزيادة تركيز المذاب solutes فى الوسط المائى بالمادة الغذائية، حيث أنه بزيادة المذاب يقل الضغط البخارى للماء فى الغذاء ( $P$ ) لأن الضغط البخارى يتوقف على حركة المذيب .

يمكن استخدام الملح والسكر لحفظ الغذاء من الفساد بواسطة الأحياء الدقيقة، ويرجع التأثير لأيٍ منهما إلى خفض  $A_w$  للغذاء وبالتالي يمنع الفساد الميكروبى وفى نفس الوقت يرفع الضغط الإسموزى للوسط مما قد يسبب تلف الخلية الميكروبية . كما لوحظ أيضاً تأثير ثانوى آخر للملح وهو تأثير حافظ والذى قد يرجع لأيون  $Cl^-$  الذى له تأثير مثبط للأحياء الدقيقة .

ثالثاً : تأخير وإعاقة النمو عن طريق تغيير التركيب الكيماوى للغذاء

المقصود هنا استخدام الكيماويات الحافظة chemical preservatives ويهمننا فى هذا الباب المواد الحافظة المضادة للأحياء الدقيقة antimicrobial preservatives وهى تلك الكيماويات التى تؤخر وتعيق الفساد الميكروبى للغذاء .

1 - العوامل المؤثرة على فعل المواد الحافظة المضادة للأحياء الدقيقة

أ- نوع المادة الحافظة وتركبها

نجد أن المادة الحافظة قد تثبط نمو الأحياء الدقيقة germistat وقد تكون متخصصة للبكتريا bacteriostat أو متخصصة للفطريات fungistat أو قد تكون قاتلة أو مميتة للأحياء الدقيقة germicide ومنها القاتل للبكتريا bactericide والقاتل للفطريات fungicide ويجب مراعاة أنه يوجد خيط رفيع بين التأثير المثبط germistatic والتأثير المميت germicidal لهذه المواد الحافظة على الأحياء الدقيقة فقد يكون للمادة الحافظة تأثير مهبط فى تراكيزاتها المنخفضة بينما يكون لها تأثير قاتل أو مميت فى تركيزاتها العالية .

ب- نوع وحالة وعدد الأحياء الدقيقة المتواجدة فى الغذاء

تقاوم الأبواغ فعل المواد الحافظة بدرجة أكبر من الخلايا الخضرية، وتعتبر أبواغ البكتريا أكثر أنواع الأحياء الدقيقة مقاومة للمواد الحافظة ثم الخمائر بينما نجد فى معظم الأحيان أن الأعفان تعتبر أكثر الأحياء الدقيقة حساسية لفعل المواد الحافظة . كما توجد اختلافات فى حساسية الأنواع المختلفة التابعة لكل مجموعة من الأحياء الدقيقة (بكتريا - خمائر - أعفان) وهذه الاختلافات ليست مقصورة على الأنواع فقط بل توجد اختلافات بين سلالات النوع الواحد من حيث حساسيتها للمواد الحافظة . كما وجد أن خلايا الأحياء الدقيقة فى طور النمو اللوغاريتمى تكون أكثر حساسية منها فى طور الثبات . ويزيادة عدد الأحياء الدقيقة يزداد تركيز المادة الحافظة اللازمة لإحداث تثبيط أو قتل لهذه الأعداد .

ج - نوع الغذاء وقيمة الأس الهيدروجينى له ودرجة الحرارة التى يخزن عليها الغذاء

- قد تتفاعل مكونات الغذاء مع المادة الحافظة وتجعلها أقل فعالية أو خاملة تماماً . كما

يسمح الغذاء السائل بالتقاء أو تفاعل أسهل بين الأحياء الدقيقة والمادة الحافظة بالمقارنة بالغذاء الصلب.

- وقد وجد أن فعالية الكثير من المواد الحافظة تزداد في الأغذية الحامضية.

- كما لوحظ أن فعل المادة الحافظة ضد الأحياء الدقيقة يزداد بزيادة درجة الحرارة المخزن عليها الغذاء خاصة إذا كانت أعلى من درجة حرارة النمو المثلى للأحياء الدقيقة الموجودة في الغذاء.

## 2 - ميكانيكية فعل المواد الحافظة على الأحياء الدقيقة

بالإضافة لتأثير المواد الحافظة المضادة للأحياء الدقيقة على الغذاء من الناحية الكيميائية (تغيير pH الغذاء مثلاً) مما يؤدي لتأخير وإعاقة الأحياء الدقيقة فإن هذه المواد الحافظة تؤثر مباشرة على الأحياء الدقيقة بعدة طرق أهمها : تثبيط الإنزيمات - تثبيط بناء البروتين داخل الخلية - تغيير في DNA الخلية - التأثير على جدار و/أو غشاء الخلية - تغيير قيمة الأس الهيدروجيني داخل الخلية.

## 3- أمثلة على أهم المواد الحافظة المضادة للأحياء الدقيقة

يجب قبل استخدام أية كيماريات كمواد مضافة للأغذية أن يكون قد تم اختبارها بواسطة الهيئات الصحية المعروفة مثل هيئة الأغذية والعقاقير الأمريكية FDA أو منظمة الصحة العالمية WHO. ويوضح الجدول رقم 13 - 17 أهم المواد الحافظة والرقم الدولي لكل مادة طبقاً للجنة دستور الأغذية CAC. مع ملاحظة أن كل مادة حافظة مسموح باستخدامها في أغذية معينة وليست في كل الأغذية، كما يختلف التركيز المسموح به من نفس المادة الحافظة باختلاف نوع الغذاء.

جدول رقم 13 - 17: أهم المواد الحافظة المضادة للأحياء الدقيقة المسموح باستخدامها في الأغذية وأرقامها الدولية طبقاً لنظام الترقيم الدولي (INS\*)

الرقم الدولي INS	اسم المادة الحافظة المضادة للأحياء الدقيقة	الرقم الدولي INS	اسم المادة الحافظة المضادة للأحياء الدقيقة
200	حامض السوربيك وأملاحه	260	حامض الخليك ومشتقاته
201	حامض السوربيك	261	حامض الخليك
202	سوربات الصوديوم	262	خلات البوتاسيوم وثنائي خلالات البوتاسيوم
203	سوربات البوتاسيوم	263	خلات الصوديوم وثنائي خلالات الصوديوم
220	ثاني أكسيد الكبريت وأملاح الكبريتيت	265	خلات الكالسيوم
221	ثنائي أكسيد الكبريت	266	دي هيدروحامض الخليك
222	كبريتيت الصوديوم	210	دي هيدروخلات الصوديوم
223	كبريتيت أحادي الصوديوم	211	حامض البنزويك ومشتقاته
224	ميثا باي سلفيت للصوديوم	212	حامض البنزويك
225	كبريتيت البوتاسيوم	213	بنزوات الصوديوم
226	كبريتيت الكالسيوم	214	بنزوات البوتاسيوم
249	أملاح الليثريت والليثيرات	215	بنزوات الكالسيوم
250	نيتريت البوتاسيوم	216	إيثيل بارا هيدروكسي حامض البنزويك
251	نيتريت الصوديوم	217	إيثيل بارا هيدروكسي بنزوات الصوديوم
252	نترات البوتاسيوم	218	بروبانيل بارا هيدروكسي حامض البنزويك
	المضادات الحيوية	219	بروبانيل بارا هيدروكسي بنزوات الصوديوم
234	نوسين	280	حامض البروبيونيك وأملاحه
235	ناتاميسين	281	حامض البروبيونيك
		282	بروبيونات الصوديوم
		283	بروبيونات الكالسيوم
			بروبيونات البوتاسيوم

INS\* : أصدرت لجنة دستور الأغذية قائمة بالمواد المضافة التي تم تقييم سلامتها للاستخدام في الغذاء وأعطيت لكل مادة مضافة رقم .. وهذا النظام في الترقيم يعرف باسم نظام الترقيم الدولي

.International Numbering System (INS)

المصدر: مأخوذ من (Smith 1990) .

وفيما يلي مناقشة مختصرة لأهم هذه المواد.

### أ - حامض الخليك ومشتقاته

يتميز حامض الخليك برخص ثمنه وسهولة الحصول عليه وهو من المواد المعروفة عامة بأنها آمنة (GRAS) generally recognized as safe في حدود استخدامها ويضاف هذا الحامض للأغذية طبقاً لممارسة التصنيع الجيدة (good manufacturing practice (GMP) أما مشتقاته مثل دى هيدروخليك وثنائي خلات الصوديوم فتستخدم بتركيزات 0.2 - 0.4 ٪. يرجع الفعل المثبط للجزئ غير المنحل (undissociated molecule) (كغيره من الأحماض العضوية مثل البنزويك والبروبيونيك) وبالتالي يتوقف فعله على قيمة الأس الهيدروجيني (pH) للغذاء وهو فعال في الأغذية الحامضية. وهو فعال ضد معظم الأحياء الدقيقة باستثناء القليل منها مثل بكتريا حامض اللاكتيك والجنس *Acetobacter* وبعض الأعفان والخمائر.

يضاف حامض الخليك في صورة خل كمادة حافظة وكواحد من التوابل للعديد من الأغذية مثل المخللات، المايونيز، المستردة mustard، الكاتشب، الخبز وبعض منتجات المخازن الأخرى.

### ب - حامض البنزويك ومشتقاته

يؤثر حامض البنزويك على الخمائر والأعفان بصفة رئيسية وله تأثير أقل على البكتريا ويتميز أملاح هذا الحامض بذائبيتها العالية بالمقارنة بالحامض نفسه. تستخدم إسترات الباراهيدروكسي بنزويك في مدى واسع من قيمة الأس الهيدروجيني لأن فعاليتها غير معتمدة على pH الغذاء (بعكس حامض البنزويك والذي يستخدم في الأغذية الحامضية) ويستخدم حامض البنزويك ومشتقاته بحد أقصى 0.1 ٪ سواء الحامض نفسه أو أحد مشتقاته أو خليط من أكثر من مشتق أو خليط من أحد هذه المركبات مع حامض السوربيك أو أحد أملاحه. ويستخدم في الكثير من الأغذية مثل الجلى، المرملاد، للمربى، المايونيز، مركبات العصائر، سلاطة الفاكهة، المياه الغازية، المخللات، المارجرين.

### ج - حامض البروبيونيك وأملاحه

لهذا الحامض وأملاحه تأثير مثبط جيد ضد الأعفان ولكن التركيزات المسموح بها فى الأغذية لا تؤثر على الخمائر، لذلك يستخدم بدجاح فى الخبز. كما أن له تأثير على العديد من البكتريا. يستخدم فى منتجات المخازن لمنع نمو العفن ومنع التحلل ropiness بتركيزات تصل 0.3 ٪ من وزن الدقيق منفرداً أو فى خليط من الحامض وأحد أملاحه أو مع حامض السوربيك وأملاحه وكذلك يستخدم فى الجبن المصنع بواقع 0.3 ٪.

### د - حامض السوربيك

يعتبر حامض السوربيك الحامض الوحيد غير المشبع المسموح باستخدامه فى الأغذية كمادة مضادة للأحياء الدقيقة. له تأثير مثبط للفطريات ووجد أن فعاليته تشمل الأحياء الدقيقة الموجبة لاختبار الكتاليز شاملة الخمائر والأعفان والبكتريا. ولكنه لا يؤثر على البكتريا السالبة لاختبار الكتاليز مثل بكتريا حامض اللاكتيك، لذلك فإنه يستخدم فى الأغذية المخمرة المحفوظة بالحامض acidulated. يستخدم فى كثير من الأغذية مثل الخبز - الجبن - منتجات المخازن الأخرى - عصائر الفاكهة - الفاكهة المجففة - الجلى - المرملاذ وذلك بنسب تتراوح بين 0.02 - 0.3 ٪ وفى بعض الأحيان يستخدم بتركيزات أعلى تصل 1.6 ٪ كما فى المارجرين.

### هـ - ثانى أكسيد الكبريت وأملاح الكبريتيت

لهذه المركبات تأثير مثبط ضد كل من الخمائر، الأعفان، البكتريا ويزداد نشاطها مع انخفاض pH الغذاء، ويرجع هذا النشاط أساساً لحامض الكبريتوز غير المنحل undissociated sulfurous acid الذى يسود عند pH أقل من 3.

وتختلف مجاميع الأحياء الدقيقة فى تأثيرها بهذه المركبات فالأعفان تعتبر أكثر الأحياء الدقيقة تأثراً يليها البكتريا (خاصة تلك السالبة لصبغة جرام) ثم الخمائر؛ وتستخدم هذه المركبات فى الأغذية التالية: الزبيب - المشمش المجفف - الفاكهة المجففة - الخضروات المجففة - السكر - الخل - الخيار المخال - المرى. وفى كثير من الدول يحظر استخدام ثانى أكسيد الكبريت فى الأغذية الغنية فى فيتامين ب، حيث يسبب تكسر هذا الفيتامين الهام. تختلف التركيزات المسموح بها باختلاف المادة الغذائية حيث تتراوح بين 20 مجم / كجم

فى السكر الأبيض إلى 2000 مجم / كجم كما فى حالة المشمش المجفف .

و- نيتريت ونيترات الصوديوم والبوتاسيوم

تضاف هذه المركبات أساساً للحفاظ على لون اللحم الأحمر غير أن لها نشاطاً مضاداً للأحياء الدقيقة خاصة عندما توجد فى خليط مع ملح الطعام، وأهم فائدة لهذه المركبات هو تكبيط بكتريا *C. botulinum* فى منتجات اللحوم التى تعامل معاملة حرارية غير كافية للقضاء على هذه البكتريا .

وأهم مشكلة فى استخدام هذه المركبات هو احتمال تكون مركبات النيتروزأمين nitrosamines حيث أن بعضها يعتبر مسبباً للسرطان ويحدث التشوهات الخلقية ويسبب الطفرة والإنتاج الآن نحو استبعاد النيتريت أو تقليل مستواه فى الأغذية غير أنه حتى الآن لا يوجد بديل له يمكن استخدامه فى صناعة اللحوم .

تستخدم نيترات الصوديوم فى بعض أنواع الجبن بواقع 50 مجم / كجم سواءً بمفردها أو كخليط مع نيترات البوتاسيوم كما تستخدم فى بعض منتجات اللحوم بحيث لا تتعدى 500 مجم / كجم . أما نيتريت الصوديوم فيستخدم فى اللحم المملح المطبوخ المطب canned corned beef بحد أقصى 50 مجم / كجم وفى اللانشون وباقى أنواع اللحم الملتصق بحد أقصى 125 مجم / كجم .

ز - المضادات الحيوية

قررت الهيئات المسؤولة عن مراقبة الأغذية منع إضافة المضادات الحيوية للأغذية .. ولكن هناك مضادان حيويان مصرح باستخدامهما فى الأغذية الآن فى عديد من البلاد وهما الناتاميسين natamycin واليسين nisin وكلا منهما ليس له أى استخدام علاجى للإنسان أو الحيوان .

- ناتاميسين (بيماريسين pimarinic)

مضاد حيوى ينتج بواسطة *Streptomyces natalensis* . وهو مضاد للفطريات ويسمح باستخدامه فى بعض البلاد مثل الولايات المتحدة الأمريكية حيث يضاف لبعض أنواع الجبن عن طريق غمر الجبن فى محاليل تركيزها 200 - 300 جزء فى المليون كما

يستخدم لوقف النمو الفطري على السجق الهولندي بتركيز 1000 جزء في المليون .

- نيسين nisin

ينتج بواسطة سلالات تابعة للبكتريا *Lactococcus (Streptococcus) lactis* وهو عبارة عن عديد ببتيد مقاوم للحرارة والحموضة ويؤثر على البكتريا الموجبة لصبغة جرام وعلى الأبواغ البكتيرية . يستخدم في الجبن المطبوخ بواقع 12.5 مجم / كجم وأيضاً في اللبن المكثف كما يستخدم لتقليل المعاملة الحرارية اللازمة لتحطيم أبواغ *C. botulinum* في اللحوم مما يحسن من جودة الناتج .

13- 7- 4 قتل أو تحطيم الأحياء الدقيقة Destruction of microorganisms

تعتمد بعض طرق حفظ الأغذية على تحطيم وقتل الأحياء الدقيقة وتمثل هذه الطرق في استخدام درجة الحرارة المرتفعة واستخدام الطاقة الإشعاعية .

أولاً: استخدام درجة الحرارة العالية

1- تأثير الحرارة على الخلايا الميكروبية

يرجع التأثير المميت للمعاملة الحرارية (الرطبة) على الأحياء الدقيقة - بصفة رئيسية - لحدوث تجمع coagulation أو دنسرة denaturation لبروتينات وإنزيمات الخلية . بالإضافة لأن الحرارة قد تحدث هدماً في الأحماض النووية (RNA, DNA) أو تلفاً damage للغشاء البلازمي . وقد فسّر موت الأبواغ بالمعاملات الحرارية بأنه راجع لحدوث تغيرات طبيعية وكيميائية تتداخل مع قدرة البوغ على إمتصاص الماء .

2 - مقاومة الأحياء الدقيقة لدرجات الحرارة المرتفعة

يمكن تحطيم الخلايا الخضرية لكل من البكتريا والفطريات بالتسخين على درجات حرارة 60 - 80 م° (140 - 176 ف°) لمدة قصيرة، ولكن الأحياء الدقيقة المقاومة لدرجات الحرارة المرتفعة thermoduric والمحبة لدرجات الحرارة المرتفعة thermophilic تحتاج لمعاملة حرارية أشد من ذلك، ولكن يمكن القول أن جميع الخلايا الخضرية تقتل إذا تعرضت لمعاملة حرارية مدتها 10 دقائق على درجة حرارة 100 م° (212 ف°) .

وتعتبر أبواغ الفطريات والبكتريا أكثر مقاومة للمعاملات الحرارية من خلاياها الخضرية

كما أن أبواغ البكتريا تعتبر أكثر مقاومة من أبواغ الفطريات فأكثر أبواغ الفطريات مقاومة للحرارة هي أبواغ العفن *Byssochlamys fulva* [تتحمل معاملة حرارية 5 ساعات على درجة حرارة 88 م° (190ف)] أما أبواغ البكتريا فتعتبر الأكثر مقاومة للحرارة ونجد أن أبواغ البكتريا المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة أكثر مقاومة للحرارة من أبواغ البكتريا المحبة لدرجات الحرارة المتوسطة.

### 3 - المعاملات الحرارية المستخدمة فى التصنيع

#### أ - البسترة : Pasteurization

عبارة عن معاملة حرارية مؤتلفة من درجة حرارة وزمن [ درجة حرارة بين 60 - 85 م° (140 - 185ف) لمدة تتراوح بين عدة ثوانى إلى ساعة] وعادة يبرد الناتج بعد المعاملة الحرارية مباشرة. وهى معاملة كافية لقتل معظم الخلايا الخضرية خاصة *Coxiella burnetii* ، *Mycobacterium tuberculosis* ، وتستخدم فى الحالات التالية :

- عندما تكون الأحياء الدقيقة المسببة لفساد الناتج غير مقاومة للحرارة كما فى الأغذية مرتفعة الحموضة.

- عندما يكون الغرض هو القضاء على الأحياء الدقيقة الممرضة ولكن المعاملات الحرارية الشديدة تحدث تغيرات غير مرغوبة فى جودة الناتج كما هو الحال فى اللبن.

- عندما يمكن إيقاف نشاط الأحياء الدقيقة المسببة للفساد بوسيلة أخرى بالإضافة للمعاملة الحرارية مثل : التبريد (كما فى حالة اللبن) - إضافة تركيز عالى من السكر (اللبن المكثف المحلى) - إضافة مواد حافظة مثل الأحماض العضوية (المخللات وعصائر الفاكهة).

#### ب - التعقيم التجارى Commercial sterilization

ويقصد بها عادة المعاملات الحرارية التى تتم على درجة حرارة 100 م° (212ف) أو أعلى. وفى هذه المعاملة لا يحدث تعقيم بالمعنى الطبى (قتل جميع الأحياء الدقيقة وأبواغها) بل يحدث قتل لجميع الأحياء الدقيقة الممرضة وتلك التى قد تسبب فساد الأغذية تحت الظروف العادية للتخزين وتترك بعض الأحياء الدقيقة غير قادرة على النمو.

وعادة تتم كل من عملية البسترة والتعقيم التجارى بطريقة متقطعة لذلك تعبأ الأغذية قبل المعاملة الحرارية فى عبوات يتم غلقها قبل المعاملة الحرارية أو قد يتم المعاملة الحرارية بطريقة مستمرة وهنا يزدود خط الإنتاج بنظام تعبئة تحت ظروف معقمة .

### ج - التسخين الأومى Ohmic heating

يعتبر التسخين الأومى واحداً من أحدث طرق تسخين الأغذية، ويستخدم فى تسخين الأغذية بطريقة مستمرة ولذلك نجد أن خط الإنتاج فى هذه الحالة يكون مزوداً بنظام تعبئة تحت ظروف معقمة . والأساس العلمى لهذه الطريقة يعتمد على توليد الحرارة عند مرور تيار كهربائى متردد فى محلول موصل للكهرباء . وفى نظام التسخين الأومى يستخدم تيار كهبرى منخفض التردد (50 - 60 هيرتز) مزود بأقطاب كهربية خاصة حيث يمر الغذاء (جميع الأغذية المحتوية على سوائل قطبية تعتبر موصلاً جيداً للكهرباء) بصفة مستمرة بين هذه الأقطاب الكهربية .. وفى معظم الأحوال يمر الغذاء بين عدة وحدات sets من الأقطاب الكهربية كل واحد منها يقوم برفع درجة الحرارة .

تكتضح ميزة التسخين الأومى فى أن قطع الغذاء الصلبة وكذلك الجزء السائل من الغذاء يتم تسخينها فى وقت واحد تقريباً حيث يتم التسخين من الداخل وليس من الخارج كما فى حالة التسخين التقليدى . وبعد التسخين يمكن تبريد الناتج فى مبادلات حرارية مستمرة وتتم التعبئة تحت ظروف معقمة فى عبوات سبق تعقيمها، ويمكن معاملة معظم الأغذية سواء الحامضية أو ذات الحموضة المنخفضة بهذه الطريقة .

وتأثير هذه الطريقة على الأحياء الدقيقة لا يتعدى تأثير الحرارة على الأحياء الدقيقة كما فى حالة التسخين التقليدى أو استخدام الأشعة القصيرة جداً من أشعة الراديو "microwaves" .

#### 4 - الكائن الحى الدقيق الذى على أساس مقاومته للحرارة تحدد المعاملة الحرارية لغذاء ما

سوف نناقش فى هذا الباب تحديد الكائن الحى الدقيق الذى على أساس مقاومته للحرارة تتم المعاملة الحرارية وعلاقة ذلك بقيمة الأس الهيدروجينى للغذاء .

##### أ - الأغذية ذات الحموضة المرتفعة (pH أقل من 3.7 )

من المعروف أن البكتريا المكونة للأبواغ لا يمكنها النمو عند pH أقل من 3.7 . وبناء على ذلك فإن البكتريا غير المكونة للأبواغ وكذلك الفطريات ذات أهمية فى هذه الأغذية ولما كانت المقارمة الحرارية لهذه الأحياء الدقيقة منخفضة (جدول رقم 13 - 18 ) فإن مثل هذه الأغذية تعامل بالبسترة التى تكفى للقضاء على هذه الأحياء الدقيقة وعلى الإنزيمات الموجودة طبيعياً فى هذه الأغذية.

##### ب - الأغذية الحامضية (pH أعلى من 3.7 - 4.5)

تم إختيار pH = 4.5 ليكون فارقاً بين الأغذية الحامضية وتلك ذات الحموضة المنخفضة لأنه أقل بدرجة آمنة من pH = 4.7 (حيث يمكن لسلاطات البكتريا *Clostridium botulinum* أن تنمو وتنتج أخطر السموم عند pH 4.7 وأعلى) .

والميكروبات ذات الأهمية فى هذه الأغذية مبينة فى جدول رقم 13 - 18 ، لذلك فإنه يتم تحديد المعاملة الحرارية على أساس أكثر الأحياء الدقيقة مقاومة للحرارة فى هذه المجموعة وهى البكتريا *B. polymyxa* ، *B. macerans* ، أما فى منتجات الطماطم فتحدد المعاملة الحرارية على أساس البكتريا *B. coagulans* المقاومة للحامض .

مما سبق يتضح أن الأحياء الدقيقة ذات الأهمية فى هذه الأغذية متوسطة المقاومة للحرارة لذلك فإن هذه الأغذية تعامل بمعاملة حرارية متوسطة [ 100م (212 ف) لمدة تتوقف على نوع الناتج وباقى العوامل الأخرى] .

##### ج - الأغذية ذات الحموضة المنخفضة (pH أعلى من 4.5 )

تعتبر البكتريا *Clostridium botulinum* أخطر الأحياء الدقيقة التى قد تتواجد فى هذه الأغذية (جدول رقم 13 - 18 ) لذلك تحدد المعاملات الحرارية على أساس القضاء على

جدول رقم 13 - 18 : المقاومة الحرارية النسبية لأهم الأحياء الدقيقة  
في الأغذية المطبوخة

مدى المقاومة الحرارية تقريبا		مجموعات الأحياء الدقيقة
قيمة Z بدرجات الحرارة ف (م)	قيمة D بالدقائق	
8 - 10 (46 - 50)	0.5 - 1.0 D <sub>150</sub> (66)	الأغذية ذات الحموضة المرتفعة (pH أقل من 3.7) - بكتريا محبة لدرجات الحرارة المتوسطة وغير مكونة للأبواغ: <i>Lactobacillus</i> , <i>Leuconostoc</i> - خمائر وأعنان
14 - 18 (57 - 64)	0.01 - 0.07 D <sub>250</sub> (121.1)	الأغذية العامضية (pH أعلى من 3.7 وأقل من 4.5) - بكتريا مقاومة للحرارة العالية ومكونة للأبواغ: <i>Bacillus coagulans</i>
12 - 16 (54 - 61)	0.10 - 0.5 D <sub>212</sub> (100)	- بكتريا محبة لدرجات الحرارة المتوسطة ومكونة للأبواغ: <i>B. Polymxa</i> , <i>B. macerans</i> هوائية لا هوائية مكونة لحمض البيوتريك
12 - 16 (54 - 61)	0.10 - 0.5	<i>Clostridium pasteurianum</i>
14 - 22 (57 - 72)	0.4 D <sub>250</sub> (121.1)	الأغذية ذات الحموضة المنخفضة (pH أعلى من 4.5) - بكتريا محبة لدرجات الحرارة المرتفعة ومكونة للأبواغ: <i>Bacillus stearothermophilus</i>
16 - 22 (61 - 72)	3.0 - 4.0	<i>Clostridium thermosaccharolyticum</i>
16 - 22 (61 - 72)	2.0 - 3.0	<i>Desulfotomaculum nigrificans</i>
14 - 18 (57 - 64)	0.1 - 0.2	- بكتريا محبة لدرجات الحرارة المتوسطة ومكونة للأبواغ: <i>Clostridium botulinum</i>
14 - 18 (57 - 64)	0.1 - 1.4	<i>Clostridium sporogenes</i> (including P. A 3679)

المصدر: معدل عن (ICMSF (1980a), (Olson & Nottingham), (Karel et al. (1975),

\* قيمة D : المقصود زمن تقليب العد الميكروبي للعرض decimal reduction time وهو الزمن اللازم لتقليل عدد الأبواغ أو الخلايا الميكروبية بمقدار دورة لوغاريتمية واحدة أو الزمن اللازم لتحطيم 90% من تعداد الأبواغ أو الخلايا الميكروبية. والرقم أسفل حرف D يقصد به درجة الحرارة ف (م) التي تمت عندها المعاملة الحرارية.

\*\* قيمة Z: درجات الحرارة ف (م) اللازمة لإحداث تغير في قيمة D بمقدار دورة لوغاريتمية واحدة.

هذه البكتيريا؛ حيث نجد أن هذه البكتيريا لاهوائية محبة لدرجات الحرارة المتوسطة ومكونة للأبواغ، فإذا تركت أى أبواغ داخل العبوة بعد المعاملة الحرارية فإنها تنمو لأن الظروف داخل العبوة لاهوائية كما أن التخزين يتم على درجات حرارة مناسبة لنموها ومن ثم تنمو وتنتج السموم . لذلك تعامل هذه الأغذية معاملة حرارية شديدة نسبياً ( 240 - 250 °ف لمدد مختلفة حسب المنتج وظروف أخرى) وعلى الرغم من وجود بكتيريا مكونة للأبواغ ومحبة لدرجات الحرارة العالية ولها مقاومة أعلى من *C. botulinum* فى هذه المجموعة ... إلا أن هذه البكتيريا لا يمكنها النمو على درجات حرارة التخزين العادية لأن درجة حرارة نموها الدنيا هى حوالى 38 °م (100°ف).

أما إذا كان الغذاء المعبأ سوف يخزن على درجة حرارة عالية بحيث تكون هناك ثمة خطورة من فساده بواسطة الأحياء الدقيقة اللاهوائية المحبة لدرجات الحرارة العالية المكونة للأبواغ فإنه يجب تحديد المعاملة الحرارية على أساس أكثر الأحياء الدقيقة مقاومة للحرارة فى هذه المجموعة وهى *C. thermosaccharolyticum* أو البكتيريا اللاهوائية اختياريًا المكونة للأبواغ والمحبة لدرجات الحرارة العليا *B. Stearothermophilus*.

ثانياً : استخدام الطاقة الإشعاعية ( حفظ الأغذية بالتشعيع)

يمكن استخدام الأشعة المؤينة ionizing radiation مثل أشعة جاما بهدف قتل الأحياء الدقيقة ويفسر الفعل المميت لهذه الأشعة عن طريق تكسير الروابط الكيميائية فى جزيئات كبيرة macromolecules هامة مثل DNA فى الأحياء الدقيقة (نظرية الهدف) أو عن طريق تأيين الماء والذى ينتج عنه تكوين أصول حرة عالية النشاط ( $.H, .OH, .HO_2$ ) قادرة على كسر الروابط الكيميائية فى الكائنات الحية الدقيقة.

كما يمكن استخدام الأشعة غير المؤينة مثل الأشعة فوق البنفسجية لنفس الغرض. ويرجع التأثير المميت للأشعة فوق البنفسجية نتيجة حدوث إمتصاص لها خاصة عند أطوال موجات 210 - 300 نانومتر، ويوجد إجماع بين المراجع على أن أكثر أطوال الموجات فعالية ضد الأحياء الدقيقة هى تلك القريبة من 260 نانومتر. ونجد أن الأشعة فوق البنفسجية (210 - 300 نانومتر) تمتص بواسطة البروتينات والأحماض النووية الموجودة فى خلية

الكائن الحى الدقيق ويحدث التأثير المميت فى DNA الخلية ، وجزء كبير من هذا التأثير المميت يرجع لتكوين نيكليوتيدات ثنائية nucleotide dimer وهذه المركبات تثبط تخليق الـ DNA كما تثبط تخليق البروتين وRNA ولكن بدرجة أقل ... مما قد يؤدي لموت الخلية. ونظراً لأن الأشعة فوق البنفسجية لها قوة اختراق محدودة لذا فإنها تستعمل فى تحطيم الأحياء الدقيقة المسببة للتلوث على السطوح.

انتشر استخدام أفران الأشعة القصيرة جداً من أشعة الراديو ، microwaves - فى الآونة الأخيرة - فى المنازل بالإضافة لاستخداماتها للمتعددة على المستوى الصناعى. وهذه الأشعة تقع بين الأشعة تحت الحمراء وأشعة الراديو القصيرة shortwaves فى طيف الأشعة الكهرومغناطيسية .التالى فإن لها تردداً عالياً نسبياً. وعادة يتم تشغيل أفران الميكروويف عند 915 أو 2450 ميجاسيكل، وعند 915 ميجاسيكل فإن التيار الكهربائى ينعكس 915 مليون مرة فى الثانية الواحدة. من المعروف أن الجزيئات القطبية polar مثل الماء توجد عليها شحنة سالبة وكذا شحنة موجبة مركزة على نهايتى الجزيئى فعند مرور الميكروويف خلال الغذاء نجد أن هذه الجزيئات تحاول أن تنظم نفسها مع الحقل الكهربائى الذى ينعكس 915 أو 2450 مليون مرة فى الثانية الواحدة وهذه الحركة السريعة للخلف والأمام تسبب احتكاكاً بين الجزيئات يظهر فى صورة حرارة، بمعنى أن الحرارة تأتى داخليا وليست من الخارج (كما فى طرق التسخين التقليدية) وهذا النوع من التسخين سريع جداً. ويجب أن نلاحظ أن الجزيئات القطبية فقط هى التى تسخن مباشرة بواسطة الميكروويف أما الجزيئات غير القطبية فأنها تسخن بطريقة غير مباشرة عن طريق انتقال الحرارة بالتوصيل أو الحمل من الجزيئات القطبية إلى الجزيئات غير القطبية .

ولقد كان هناك بعض التعارض فى المراجع حول تأثير الميكروويف على الأحياء الدقيقة .. ولكن الأمر قد حسم الآن وتم تأكيد أن تأثير الميكروويف القاتل على الأحياء الدقيقة يرجع لتأثير الحرارة المتولدة فقط.

- Alexopoulos , C. J. 1972. Introductory Mycology. Second edition . Wiley Eastern Private Limited , New Delhi.
- Banwart, G. J. 1981. Basic Food Microbiology. First edition. AVI Publishing Company. Inc. Westport, Connecticut.
- Banwart, G. J. 1989. Basic Food Microbiology. Second edition. AVI (Van Nostrand Reinhold), New York.
- Barnet, H. L. 1960. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Second edition. Burgess Publishing Company, Minneapolis.
- Belitz, H. D.; and . Grosch. 1987. Food Chemistry. Translation from second German edition by D. Hadziyev. Springer Verlag, Berlin.
- Deak, T. , and L. R. Beuchat. 1996. Hanbook of Food Spoilage Yeasts. CRC Press, Inc., New York.
- El - Banna, A. A.; and A. Hurst. 1983. Survival in foods of *Staphylococcus aureus* grown under optimal and stressed conditions and the effect of some food preservatives. Can. J. Microbiol. 29 (3): 297 - 302.
- Eley,A. R.(ed.) 1996. Microbial Food Poisoning. Chapman & Hall. London.
- Frazier, W. C. ; and D. C. Westhoff. 1988. Food Microbiology. Fourth edition. Mc Graw - Hill, Singapore.
- Harrigan, W. F. ; and M. E. McCance. 1976. Laboratory Methods in Food and Dairy Microbiology. Acaemic Press, London.
- Heritage, J.; E. G. V. Evans; and R. A. Killington. 1996. Introductory Microbiology. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hui, Y. H. 1992. Encyclopedia of Food Science and Technology. Vol. 2. John Willey & Sons, Inc., New York.
- Hui, Y. H. 1992. Encyclopedia of Food Science and Technology. Vol. 3. John Willey & Sons, Inc., New York.
- Hurst, A., E. Ofori; A. A. El - Banna; and J. Harwig. 1984. Adaptational Changes in *Staphylococcus aureus* MF31 grown above its maximum temperature when protected by NaCl: Physiological studies. Can. J. Microbiol. 30 : 1105 - 1111

- ICMSF "The International Commission on Microbiological Specification of Foods" (eds.) 1980a. *Microbial Ecology of Foods. Vol I : Factors Affecting Life and Death of Microorganisms.* Academic Press, Inc., New York.
- ICMSF "The International Commission on Microbiological Specification of Foods" (eds.) 1980b. *Microbial Ecology of Foods. Vol II : Food Commodities .* Academic Press, Inc., New York.
- Karel, M.; O. R. Fennema; and D. B. Lund. 1975. *Principles of Food Science. Part II: Physical Principles of Food Preservation.* Marcel Dekker, Inc., New York.
- Kreig, N. R. ; and J. G. Holt (eds.). 1984. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Vol 1.* Williams and Wilkins Company, Baltimore.
- Mandelstam, J.; K. McQuillen; and I. Dawes (eds.). 1982. *Biochemistry of Bacterial Growth.* Halsted Press (a division of John Wiley & Sons Inc.), New York.
- Mossel, D. A. A. 1977. *Microbiology of Foods: Occurrence, Prevention and Monitoring of Hazards and Deterioration.* The University of Utrecht, Utrecht.
- Potter, N. N.; and J. H. Hotchkiss. 1995. *Food Science.* Fifth edition. Chapman & Hall, New York.
- Smith, B. L. 1990. *Codex Alimentarius, Abridged Version (1989).* Joint FAO / WHO Food Standard Programme, Codex Alimentarius Commission, Rome.
- Sneath, P. H. A.; N. S. Mair; M. E. Sharpe; and J. G. Holt (eds.). 1986. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Vol 2.* Williams and Wilkins Company, Baltimore.
- Stanley, J. T.; M. B. Bryant; N. Pfennig, and J. G. Holt (eds.). 1989 *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Vol 3.* Williams and Wilkins Company, Baltimore.
- Williams , S. T. ; M. E. Sharpe ; and J. G. Holt (eds.). 1989. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology . Vol 4.* Williams and Wilkins Company, Baltimore.