

# ميكروبيولوجيا الأغذية

### ■ مقدمة

### ■ تلوث الأغذية

### ■ المحتوى الميكروبي للأغذية الطازجة

### ■ حفظ الأغذية

### ■ طرق الحفظ

١- إبعاد أو منع تلوث الغذاء

٢- الحرارة المنخفضة

٣- الحرارة المرتفعة

٤- التجفيف

٥- التجميد

٦- المواد الحافظة

٧- الإشعاع

### ■ فساد الأغذية

أنواع الفساد بالأغذية الخام (جدول ٦-٣)

أنواع الفساد بالأغذية المجهزة ، غير المعلبة (جدول ٦-٤)

فساد الأغذية المعلبة

### ■ التسمم الغذائي

### ■ الأمراض التي تسببها الأغذية

### ■ الأغذية المتخمرة

### ■ البروتين الميكروبي

### ■ المراجع



## الفصل السادس

# ميكروبيولوجيا الأغذية Food Microbiology

### مقدمة

ترتبط الميكروبات بطرق متعددة ، بكل الأغذية التي نتناولها ، مسببة لها تغيرات قد تكون مفيدة ، وقد تكون غير مرغوب فيها ، فتؤثر بذلك ، على نوع الغذاء ، وكميته ، ومدى الاستفادة منه .

وتحتوى الأغذية من مصادرها الطبيعية ، على بعض الميكروبات ، كما أنها تتعرض للتلوث أثناء التداول ، فيزداد محتواها الميكروبي ، وتنمو وتتكاثر الميكروبات بالغذاء ، الذى يعمل كبيئة لهذه الميكروبات ، فتسبب تحلل الأغذية وفسادها ، كما تنتقل الميكروبات المرضية عن طريق الأغذية ، فتسبب أمراضا للمستهلك ، أو تفرز سموما ، تسبب تسععات غذائية .

وعلى الجانب الآخر ، تستعمل الميكروبات فى إعداد وتجهيز بعض الأغذية : كالخبز ، وفى صناعة المنتجات اللبنية ، كالجبن والألبان المتخمرة ، وفى إنتاج المخلات والمشروبات الكحولية ، وفى حفظ العلف الأخضر كالسيلاج ، وفى إنتاج البروتين الميكروبي .

**Food contamination****تلوث الأغذية**

تتعرض الأغذية للتلوث ، من مصادر عديدة ، قد تكون مصادر طبيعية ، كالحقل ، والهواء ، والمياه ، والحيوانات ، ومخلفات المجارى ، أو أثناء التداول ، والنقل ، ومعاملات التصنيع . وعلى ذلك ، فإن أنواع وأعداد الميكروبات ، الموجودة بالمادة الغذائية ، يحددها قابلية المادة الغذائية للحفظ ، ومدى ونوع وسرعة الفساد ، الذى تتعرض له ، ونوع المعاملة المطلوبة لحفظها .

**المحتوى الميكروبي للأغذية الطازجة****Microbial flora of fresh foods**

تعتبر الأنسجة الداخلية ، للنباتات والحيوانات السليمة ، خالية من الكائنات المجهرية ، ومع ذلك ، فإننا نجد أن الأسطح الخارجية للخضر والفاكهة ، واللحوم ، والأسماك ، وغيرها ، ملوثة بميكروبات عديدة . ومقدار هذا التلوث الميكروبي ، هو إنعكاس لعوامل عديدة ، منها : الميكروبات الموجودة فى الوسط الذى أخذ منه الغذاء ، حالة الغذاء الخام ، طريقة التداول ، مدة وظروف التخزين .

ووجود أعداد كبيرة من الميكروبات بالغذاء الطازج ، يعنى ان تغيرات غير مرغوب فيها حدثت بالغذاء ، وان الغذاء أصبح قابلا للتلف ، لذلك ، فإنه من الضرورى ، أن نقلل بقدر الإمكان ، من حدوث التلوث الميكروبي ، بالأغذية الطازجة .

**الخضروات والفواكه**

تتعرض الخضروات والفواكه ، للتلوث بالبكتريا ، والفطريات ، والفيروسات . ويتوقف مدى الفساد ، على مدى إصابه الأنسجة الداخلية بالميكروبات . ويحدث ذلك ، أثناء نمو النبات بالحقل ، أو أثناء الحصاد اليدوى أو الآلى ، أو التداول ، التى تسبب جروحا وتمزقا للأنسجة ، مما يسهل غزو الميكروبات ، من السطح الخارجى ، إلى الأنسجة الداخلية .

يتراوح الرقم الإيروجينى (pH) ، للخضر من ٥ إلى ٧ ، لذلك فهى أكثر ملاءمة للإصابة بالبكتريا عن الفواكه . أما الفواكه ، وهى ذات حموضة أعلى من الخضر ، ويتراوح رقمها الإيروجينى بين ٢,٣ بالموالح ، الى ٥,٠ فى الموز ، فإنها تكون أكثر تعرضا للإصابة بالفطريات .

## اللحوم

تتعرض الأنسجة الداخلية ، للحوم الطازجة ، للتلوث من السطوح الخارجية ، وذلك عند تقطيع اللحوم ، من السكاكين ، ومن الوسط المحيط ، واثناء النقل ، والتداول . كما يحدث التلوث أثناء نزع الأحشاء الداخلية والأمعاء ، الغنية بالميكروبات . ويناسب تركيب اللحوم ، نمو البكتيريا ، ومن مجاميع البكتيريا ، الشائع وجودها باللحوم الطازجة

*Pseudomonads , Staphylococci , Enterococci & Coliforms .*

كما أن حفظ اللحوم الطازجة على درجات الحرارة المنخفضة ، يشجع نمو البكتيريا المحبة للبرودة .

تتلوث أنسجة الدواجن الداخلية ، من السطح الخارجى ، أثناء الذبح ، ونزع الريش ، وإزالة الأحشاء ، وتعتبر السيدومونات ، أكثر الميكروبات تواجدا على جلد الدواجن الطازجة ، المذبوحة حديثا .

## الأسماك والأغذية البحرية

الطبقة اللزجة الخارجية للأحياء البحرية ، غنية بالميكروبات الموجودة بالوسط المائى الذى تعيش فيه ، وتنتقل هذه الميكروبات إلى الأنسجة الداخلية ، أثناء التنظيف ، ونزع الأحشاء الداخلية . وتزداد حدة التلوث ، إذا كانت المياه التى تعيش فيها تلك الأحياء ، ملوثة بمخلفات المجارى ، وفى هذه الحالة ، فإن الأغذية البحرية ، تكون وسيله لنقل الميكروبات المرضية ، كالبكتيريا ، التى تسبب الاضطرابات المعوية ، والفيروسات ، التى تسبب الإلتهاب الكبدى الوبائى ، وشلل الأطفال .

## البيض

المحتويات الداخلية ، للبيض السليم الطازج ، عادة خالية من الميكروبات . وتتدخل الميكروبات ، كالبكتيريا ، والفطر ، إلى داخل البيضة ، من خلال شروخ القشرة ، التى تحدث أثناء التداول ، والنقل ، والتخزين ، أو تدخل الميكروبات من الثقوب الموجودة بالقشرة الكلسية ، التى تتفتح بسبب بلل البيض ، أو غسيله بالماء .

## Food Preservation

## حفظ الأغذية

يسعى الإنسان منذ سنوات عديدة ، لحفظ الأغذية ، بهدف منع النمو الميكروبي بها ، وإيقاف حدوث التغيرات غير المرغوبة فيها ، ليصبح الغذاء أقرب ما يمكن من حالته الطبيعية ، لاستخدامه فى الأوقات التى يقل فيها ، أو لنقله الى مسافات بعيدة ، لمناطق تحتاج إليه ، بعيدة عن أماكن إنتاجه.

تعتمد كل طرق الحفظ ، على واحد أو اكثر ، من الأسس التالية

- |                      |                          |
|----------------------|--------------------------|
| Asepsis              | ١- إبعاد أو منع التلوث   |
| Microbistatic action | ٢- تثبيط النمو الميكروبي |
| Microbicidal action  | ٣- قتل الميكروبات        |

يحدد طريقة الحفظ المناسبه ، نوع الغذاء ، والظروف الموجود عليها ، ويستحسن استخدام ، أكثر من طريقة لحفظ الغذاء الواحد ، حيث أنه نادرا ماتوجد طريقة واحدة ، تكون مناسبه وكافية ، من جميع الوجوه .

كما يجب أن يوضع فى الاعتبار ، أن طرق الحفظ ليست بديلا عن النظافة . فالمادة الخام ، منذ أخذها من مصادرها ، حتى تقديمها للمستهلك طازجة أو مصنعه ، يجب أن يراعى فى إنتاجها ، وجمعها ، وتداولها ، كل الشروط الصحية الممكنة ، وتجنب تلوثها بقدر الإمكان .

## طرق الحفظ

## من الطرق الهامة المستخدمة فى حفظ الأغذية

- ١- إبعاد أو منع تلوث الغذاء بالميكروبات أثناء التداول والتصنيع  
Aseptic handling and processing

تتعرض الأغذية منذ إنتاجها ، من مصادرها الطبيعية ، حتى تناولها طازجة ، أو إعدادها لعمليات التصنيع ، لمجموعة من عمليات التداول ، تؤدي إلى زيادة التلوث . وعلى ذلك ، فإن المحافظة على الغلاف ، أو القشرة الخارجية للغذاء سليمة (كما فى حالة الخضر ، والفواكه ، والبيض ، وجلد الحيوان) ، والتداول السليم ، وإتباع الأصول الصحية عند غسيل الغذاء ، وتقطيعه ، واعداده للتصنيع ، وعمليات اللف والتعبئة الجيدة ، يزيد من فترة حفظ المنتجات الغذائية .

## Low temperature

## ٢- الحرارة المنخفضة

الأساس فى هذه الطريقة ، هو إبطاء النمو والنشاط التمثيلى للميكروبات ، نتيجة خفض درجة الحرارة إلى الصفر المئوى ، أو إلى أقل من ذلك . ويتميز الحفظ بالتبريد ، بأنه يحفظ للغذاء شكله وتركيبه ، بدرجة أكبر من أية طريقة حفظ أخرى .

والحفظ بهذه الطريقة مؤقت ، فالحرارة المنخفضة ، تقلل من نشاط الإنزيمات ، ومن نمو ونشاط الميكروبات ، ولكنها لا تقتل الميكروبات ، وكلما زاد الإنخفاض فى درجة الحرارة ، كلما أبطأت هذه الأنشطة الحيوية . وعند الصفر المئوى ، يقف تقريبا نمو أغلب الميكروبات ، ولكن الميكروبات المحبة للبرودة ، تستطيع أن تستمر فى النمو .

ومن أمثلة الميكروبات ، التى تستطيع النمو على درجات حرارة منخفضة ، أقل من الصفر المئوى ، وقد تسبب فسادا للأغذية

١- الفطريات ، مثل : *Cladosporium* , *Monilia* , *Penicillium* , *Sporotrichum*

٢- الخمائر ، مثل : *Torulopsis*

٣- البكتريا ، مثل : *A.chromobacter* , *Alcaligenes* , *Flavobacterium* , *Micrococcus* , *Pseudomonas*.

ونظرا لأن إنزيمات الغذاء ، تستمر فى نشاطها ، بمعدل بطيء ، على درجة حرارة التجميد ، فإن الخضروات تسلق غالبا قبل تجميدها ، لتثبيط ما بها من إنزيمات ، لمنع فساد الخضار بالإنزيمات .

وقد انتشرت طريقة الحفظ بالحرارة المنخفضة ، كثيرا فى السنوات الأخيرة ، مع تقدم تكنولوجيا التبريد . فباستخدام الوسائل الحديثة من التبريد والتجميد ، فى الثلجات المنزلية ، وثلجات المخازن ، وعربات النقل والسكك الحديدية والبواخر ، أصبح من الممكن ، حفظ ونقل الأغذية المجمدة، بما فى ذلك السرعة المعرض للفساد ، لمدد طويلة ولمسافات بعيدة . وأصبح من المتاح الآن ، أن نوفر للأسرة العاملة ، الوجبات المجهزة ، المجمدة ، المعدة للإستهلاك الفورى ، بعد تدفئة بسيطة . *Precooked , frozen , ready-to-serve, foods* .

## طرق الحفظ بالحرارة المنخفضة

قد يتم حفظ بعض الأغذية ، فى جو منخفض الحرارة ، أى أعلى من الصفر المئوى (١٠ - ١٥° م) ، ولكن أقل من درجة حرارة الجو العادى ، فى بديوم أو قبو ، بعيدا عن الحرارة المباشرة Cellar storage ، كما يتبع فى حفظ الأغذية الدرنيه ، كالبطاطا ، والبطاطس ، وبعض أنواع الفواكه ، والحفظ بهذه الطريقة يكون لمدة محدودة .

وقد تحفظ بعض الأغذية بالتبريد Chilling ، أى عند درجة قريبة من الصفر المئوى (٣ - ٥° م) ، باستخدام الثلج ، أو الثلجات الكهربائية ، لحفظ البيض ، ومنتجات الألبان ، والفواكه والخضر . ومدة الحفظ بهذه الطريقة محدود أيضا ، ولكنها تمتاز عن الحفظ بالتجميد ، بأنها لاتؤثر كثيرا على تركيب ، وطعم ، وطزاجة الغذاء .

من الطرق الواسعة الانتشار الآن ، الحفظ بالتجميد Freezing ، عند درجة حرارة أقل من الصفر المئوى ، باستخدام المجمدات Freezers . وفى هذه الطريقة ، يجمد الغذاء ، مع الاحتفاظ به فى حالة مجمدة لحين الإستعمال . وتستخدم الآن ، هذه الطريقة بنجاح ، فى حفظ كثير من الأغذية ، كالخضروات ، والفواكه ، واللحوم ، والأسماك .

وتفضل طريقة التجميد السريع للغذاء Quick-freezing method ، عند -٣٢° م أو أقل ، لمدة أقل من ساعة ، عن التجميد البطيء Slow - freezing method ، عند حرارة أعلى من -١٨° م ، ولمدد تصل لعدة ساعات (٣ - ٧٢ ساعة) ، لأن البللورات الثلجية المتكونة بالغذاء ، ستكون صغيرة فى حالة التجميد السريع ، وبالتالي ، فإن تمزق الأنسجة سيكون أقل عن الأغذية ذات التجميد البطيء ، التى يتكون بها بللورات ثلجية كبيرة ، تؤدى إلى تمزق كثير من الأنسجة ، فتظهر عند تسييحها ، أقل نضارة ، وتكون أسرع فسادا .

عموما ، فإن الأغذية المجمدة ، بعد إخراجها من الثلجة ، وتسييحها Thawing ، تفسد بسرعة أكبر ، من الأغذية الطازجة .

بعد التجميد ، يحفظ الغذاء المجمد لحين الإستعمال ، بالثلجات عند -١٨° م إلى -٢° م ، حيث يقف تقريبا النمو الميكروبي . ويجب تجنب التخزين لمسد طويلة ، مع ملاحظة أن التجميد ، مهما كانت درجة الحرارة المستعملة

منخفضة ، لا يؤدي إلى قتل الميكروبات ، ومنها المرضية كالسالمونيلا ، وإن كان عندها يقل قليلا .

لذلك ، فإن تقليل التلوث الميكروبي للأغذية ، قبل تجميدها ، يعتبر أمرا ضروريا . كما قد تسلق الأغذية ، لعدة دقائق قبل تجميدها ، لتثبيط ما بها من إنزيمات ، التي قد تسبب فسادا للأغذية على درجات الحرارة المنخفضة.

### ٣- الحرارة المرتفعة High temperature

تؤدي الحرارة المرتفعة ، إلى قتل الميكروبات ، بتخثيرها ، أو إتلافها لإنزيمات ، وبروتوبلازم الخلايا الميكروبية . وهي بذلك ، تعتبر من الطرق الآمنة في حفظ الأغذية ، حيث أنها تؤدي إلى تعقيم الغذاء ، أو تقليل محتواه الميكروبي ، مع التخلص من الميكروبات المفسدة ، والممرضة .

تستعمل طريقة الحفظ بالحرارة المرتفعة ، في حفظ الأغذية المعدة بالمنزل ، وفي الأغذية المبسترة ، والأغذية المعلبة ، كالخضروات والفواكه واللحوم ، وهي الأغذية المحفوظة ، في أوعية محكمة القفل ، تمنع دخول الميكروبات إلى الغذاء ، بعد تصنيعه .

تتوقف المعاملة الحرارية الناجحة ، على توفر معلومات ، عن نوع الغذاء ، وتركيبه ، وظروف الوسط من لزوجة وحموضة ، ومقاومة الميكروبات للحرارة ، خاصة الجراثيم ، والوقت المسميت للميكروبات المفسدة ، وسرعة نفاذية الحرارة بالغذاء ، وحجم وعاء التعليب .

### ومن المعاملات الحرارية المستخدمة في حفظ الأغذية

#### أ- البسترة Pasteurization

في هذه المعاملة ، تستخدم درجة حرارة أقل من  $100^{\circ}\text{C}$  ، لمدة مناسبة ، ومعاملة البسترة لا تؤثر على قيمة المادة الغذائية ، ولكنها تعتبر كافية لقتل الميكروبات المرضية ، والخضرية ، ولكنها غير كافية لقتل الجراثيم ، والميكروبات المقاومة للحرارة ، لذلك ، فإنه غالبا ما تحفظ الأغذية بعد بسترتها ، على درجة حرارة منخفضة ، لإطالة مدة حفظها .

وتستخدم البسترة فى الأغذية ، التى تقل قيمتها الغذائية بالغليان مثل ، اللبن ، والمنتجات اللبنية ، وعصير الفواكه ، والأغذية المتخمرة كالخل ، والبيرة ، والنبيذ .

### Boiling

### ب- الغليان

تستعمل هذه المعاملة ، فى الأغذية التى تتحمل الغليان (حوالى  $100^{\circ}\text{م}$ ) ، والتى يكون احتمال فسادها بالميكروبات المتجرثمة قليل . لذلك ، فهى منتشرة فى حفظ الأغذية الحامضية ، كعصير الطماطم والمرببات ، وفى الأغذية المعدة بالمنزل .

ولإطالة مدة حفظ الأغذية المطبوخة بالمنزل ، وهى مازالت تحتوى على جراثيم ، تستعمل طريقة مكملة للحفظ بعد الغليان ، مثل الحفظ بالتبريد .

### Canning

### ج - التعليب

هذه الطريقة ، من الطرق الشائعة الإستعمال فى الحفظ ، وإن لم تكن أفضلها ، لحدوث تغيرات فى مظهر بعض الأغذية .

والتعليب هو حفظ الأغذية ، فى أوعية محكمة القفل ، بعد المعاملة الحرارية على درجة حرارة أعلى من  $100^{\circ}\text{م}$  . ويستعمل فى ذلك ، معقمات البخار المضغوط . وتختلف المعاملة الحرارية للغذاء ، أى المدة ، ودرجة الحرارة المستعملة فى التعقيم (وهذه تتراوح من  $100$  إلى  $121^{\circ}\text{م}$ ) ، حسب ظروف الغذاء ، وتحمله للحرارة ، وكثافة وأنواع ، ما يحمله من ميكروبات.

تؤثر حموضة الغذاء ، على المعاملة الحرارية (درجة الحرارة والمدة) ، حيث أن الحموضة ، تساعد على قتل الميكروبات . فعند تعليب عصير الطماطم مثلا ، وهو غذاء حامضى ، لا يحتاج الأمر لأكثر من الغليان ، على درجة  $100^{\circ}\text{م}$  لدقائق محدودة ، بينما يستعمل التعقيم بالبخار المضغوط ( $121^{\circ}\text{م}$ ) ولمدة أطول ، للأغذية المعلبة منخفضة الحموضة كاللحوم .

والجدول (٦-١) ، يوضح أقسام الأغذية ، من حيث درجة حموضتها . ولكل قسم معاملاته الحرارية ، ونوع الفساد الخاص به .

## جدول ٦-١ : حموضة بعض الأغذية

أمثلة لبعض الأغذية	الرقم الإيدروجيني	تقسيم الأغذية من حيث الحموضة*
		<b>حامضية</b>
المخللات ، الموالح ، العنبيات ، كالكريز ، والفراولة .	٢,٥ - ٣,٥	عالية الحموضة
عصير الطماطم ، وأغلب الفواكه .	٣,٥ - ٤,٥*	حامضية
		<b>غير حامضية</b>
بعض الخضرا ، كالجزر ، والبنجر ، والسبانخ ، والكوسه ، والأسبرجس .	٤,٥ - ٥,٥	متوسطة الحموضة
أغلب الخضرا ، اللحوم ، الأسماك ، الدواجن ، اللبن ، والبيض .	٥,٥ - ٧,٥**	منخفضة الحموضة

\* عند pH ٤,٥ . يكون الطعام حامضيا بالقدر الكافي ، الذي يحد من نمو الكائنات الدقيقة ، لذلك أخذت هذه الدرجة كأساس لتقسيم الأغذية ، إلى حامضية (pH أقل من ٤,٥) ، وغير حامضية (pH أكثر من ٤,٥) .

\*\* بعض الأغذية ، مثل منقوع العرقسوس Liquorice ، يصل بها الـ pH إلى - ٩ ،

يلجأ صانع الأغذية ، إلى التعقيم التجاري Commercial sterilization (وليس التعقيم البكتريولوجي) ، بإستخدام المعاملة الحرارية ، التي تكفي لقتل الميكروبات المفسدة والممرضة ، وفي نفس الوقت ، لا تسبب ضررا بخواص الغذاء . لذلك ، قد تحتوي الأغذية المعلبة ، على جراثيم بكتريا محبة للحرارة المرتفعة ، ولكن ظروف التخزين عند درجات الحرارة العادية ، لا تسمح لها بالنمو وإحداث الفساد . غير أنه تحت جميع الظروف ، فإن المعاملة الحرارية ، خاصة للأغذية غير الحامضية ، يجب أن تكون كافية لقتل جراثيم البكتريا اللاهوائية *Clostridium botulinum* ، المسببة للتسمم البوتشولينى المميت . وأشد أنواع جراثيمها مقاومة للحرارة ، تقتل عند درجة ١٢١ م لمدة ١٥ ق ، عند pH - ٧ .

التفصيلات الخاصة بخطوات التعليب ، تختلف باختلاف الغذاء ، ولكنها عموماً ، تتضمن الخطوات العامة التالية :

تبريد الغذاء ، الغسيل ، السلق ، ملاء العلب ، التسخين لطرد الهواء من العلب ، قفل العلب ، المعاملة الحرارية للغذاء المعلب ، التبريد السريع بعد المعاملة الحرارية ، وضع أوراق البيانات على العلب ، ثم التخزين لحين التسويق .

ويتم تعليب الأغذية في علب صفيح ، أو في عبوات بلاستيك ، تتحمل حرارة التعقيم العالية ، وهذه العلب مصنوعة من طبقات منجدة ، وبها طبقة من رقائق الألومنيوم ، لتكون حاجلاً للغازات والرطوبة . والأنواع الأكثر استعمالاً الآن ، هي الأكياس القابلة للإنتناء ، وتغلق هذه الأكياس بعد الملاء بصهر طبقة البلاستيك الداخلية بالحرارة ، في جهاز القفل .

تعامل الأغذية المعلبة حرارياً ، إما بطريقة الدفعات Batches ، في معقمات عند درجة ١٠٠°م ، للأغذية الحامضية ، أو عند درجة ١١٥ - ١٢١°م للأغذية غير الحامضية ، أو تعامل العلب بالطريقة المستمرة Continuous ، وفيها تدخل العلب في ماكينات ، وتعامل ببخار الماء المضغوط .

في التعليب المنزلي Home canning ، تسخن العلب ، بغمسها في ماء مغلي ، أو بوضعها في الأفران الحرارية ، أو بوضعها في حلة البخار المضغوط Pressure cooker .

الأغذية الحامضية المعلبة منزلياً ، يمكن حفظها بنجاح بعد تعقيمها ، باستعمال الماء المغلي ، أو الأفران . أما الأغذية غير الحامضية ، فيلزم لتعقيمها درجة أعلى من ١٠٠°م ، وهذه يمكن الوصول إليها باستعمال حلة البخار المضغوط . والهدف من ذلك ، هو ضمان قتل ميكروب Clostridium botulinum ، السابق الإشارة إليه .

## Dehydration

## ٤- التجفيف

يعتبر الحفظ بالتجفيف ، من أقدم الطرق ، كما أنه أكثر شيوعاً حتى عن الحفظ بالتجميد . والتجفيف يقلل من نسبة الماء بالمادة الغذائية ، فتصبح غير صالحة لنمو الميكروبات ، فيقل ، أو يقف نشاط الميكروبات ، بون أن تموت . ولذلك يشترط فى الأغذية المعدة للتجفيف ، أن تكون خالية من الميكروبات المرضية ، وبعد تجفيفها ، تحفظ فى مكان غير رطب ، ويحافظ عليها من التلوث ثانية .  
ويستخدم التجفيف ، فى حفظ بعض أنواع الخضر ، والفواكه ، والألبان ، واللحوم ، والأسماك ، والبيض .

تزال الرطوبة من الأغذية بطرق متعددة ، منها التعريض للهواء والشمس *Open - air drying* ، أو بإستعمال طرق وأجهزة مناسبة ، مع التحكم فى درجات الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة الهواء . ومن هذه الطرق :  
- استعمال تيار من الهواء الساخن *Hot - air drying* ، يمرر خلال الطعام ،  
- أو بإمرار الغذاء على اسطوانات ساخنة *Drum drying* ،  
- أو رش المادة الغذائية السائلة ، فى حجرات ساخنة مفرغة من الهواء *Spray - drying* .

يختلف الحد الأدنى من كمية الماء ، الواجب وجودها فى المادة الغذائية ، حسب الميكروبات المختلفة . ويعبر عن الرطوبة بإستعمال تعبير النشاط المائى (ن م) *Water activity, Aw* ، وهو عبارة عن النسبة ما بين

الضغط البخارى للمحلول ، أى للمواد الذائبة فى ماء البيئة

الضغط البخارى للماء ، أى للمذيب

وبذلك ، فإن (ن م) ، تعبر عن كمية الماء الحر الموجود بالبيئة ، أو المادة الغذائية ، وهى = ١ بالنسبة للماء النقى . أما بالنسبة للأحياء الدقيقة ، فإن الحد الأدنى من (ن م) ، اللازم لنموها ، هو

- |                  |      |   |                               |      |
|------------------|------|---|-------------------------------|------|
| البكتريا العادية | ٠,٩١ | ، | البكتريا المحبة للملوحة       | ٠,٧٥ |
| الخمائر العلية   | ٠,٨٨ | ، | الخمائر المحبة للضغط الأسموزى | ٠,٦٠ |
| الفطريات العادية | ٠,٨١ | ، | الفطريات المحبة للجفاف        | ٠,٦٥ |

عموماً ، فإن معظم الكائنات الدقيقة تقف عن النمو ، إذا نقصت (ن م) الوسط ، عن ٧,٠ ، أو إذا نقص المحتوى الرطوبي للمادة عن ١٠ - ١٥ ٪ .

من مميزات التجفيف ، أن مدة الحفظ به طويلة ، وأنه يقلل من حجم ووزن الغذاء ، فتسهل عمليات التخزين والنقل ، كما أنه أقل تكلفه ، عن طرق الحفظ الأخرى . ولكن من عيوبه ، أنه قد يغير إلى حد ما من صفات الغذاء ، فى الطعم والقوام ، ويسبب فقداً لبعض الفيتامينات ، كما أن الغذاء المجفف ، يحتاج إلى النقع فى الماء لمدة طويلة ، قبل تناول .

### المحاليل المركزة

الحفظ بالمحاليل المركزة ، صورة من صور الحفظ بالتجفيف ، حيث أن كمية الماء الحر الموجود بالغذاء ، يصبح فى صورة غير ميسرة للميكروبات ، نتيجة وجود نسبة عالية من الغرويات ، أو المواد الذائبة كالسكر ، والملح ، التى ترتبط بالماء . كما أن زيادة الضغط الأسموزى للمحلول ، يؤدى إلى وقف نشاط الميكروبات ، وربما إلى موتها ، بسبب بلزمة الخلايا الميكروبية .

المحلولين المستعملين فى الحفظ ، هما المحلول السكرى ، بنسبة حوالى ٧٠ ٪ ، والمحلول الملحى بنسبة حوالى ١٥ ٪ . ويستعمل المحلول السكرى فى حفظ الشربات ، المربى ، الفواكه ، اللبن المكثف المحلى . ويستعمل المحلول الملحى فى حفظ الأسماك المملحة ، والمخللات . وملح الطعام ، بالإضافة إلى تأثيره فى التجفيف ورفع الضغط الأسموزى ، فقد يكون له تأثير آخر ، بإعتباره مادة كيميائية حافظة .

### ٥- للتجفيد Lyophilization , Freeze - drying

هذه الطريقة ، تجمع بين التجميد والتجفيف ، حيث تجمد المادة تجميداً سريعاً ، ثم تجفف بالتسامى تحت تفريغ ، وتصل نسبة الرطوبة فى المنتج النهائى لأقل من ٥,٠ ٪ . والمادة المعاملة بهذه الطريقة ، يمكن حفظها لمدة طويلة جداً ، تصل لعدة سنوات ، كما فى حالة حفظ المزارع البكتيرية . ويراعى فى المنتجات المحفوظة بهذه الطريقة ، نفس ما اتبع فى حفظ الأغذية بالحرارة المنخفضة ، أو التجفيف ، بأن تكون الأغذية نظيفة ، خالية من الميكروبات المرضية ، وروعت الشروط الصحية فى إنتاجها .

## Preservatives

## ٦- المواد الحافظة

تعمل المواد الحافظة بالأغذية ، على منع أو تأخير ، نمو الميكروبات بها . وهذه المواد قد تضاف للغذاء ، أو تتكون به أثناء إعداده . والمواد الحافظة ، التي تتكون ببعض الأغذية أثناء إعدادها ، تتكون نتيجة لنشاط الميكروبات ، كما يحدث في عمليات التخمر ، والتي من أمثلتها المخللات ، والألبان المتخمرة ، والسيلاج ، حيث يتكون أثناء التخمر الميكروبي ، أحماض اللاكتيك ، والبروبيونيك ، والخليك ، التي تساعد على حفظ الغذاء .

أما المواد الحافظة ، التي تضاف للغذاء ، فهي عديدة ، ويشترط في هذه المواد ، أن تكون غير ضارة بصحة المستهلك .

من المواد العضوية التي تضاف : حامض السوربيك ، والبروبيونيك (بتركيز ١ - ٥ في الألف) لتثبيط نمو الفطريات بالخبز ، والبنزويك (بنسبة ١ في الألف) ، للشربات ، وعصير الفواكه ، والمربيات .

ومن المواد المعدنية المضافة : كلوريد الصوديوم في المخللات ، والأغذية المملحة ، والنترات والنتريت لحفظ اللحوم ، والمحافظة على لونها الأحمر . وإن كان إستعمال النترات والنتريت ، يقابل بإعتراضات كثيرة ، لتأثيرهما المطفر ، على خلايا المستهلك .

ويجب أن يوضع في الإعتبار ، أن المواد الحافظة ، ليست بديلا عن النظافة ، فالمادة الخام منذ حصادها بالحقل ، وحتى تقديمها للمستهلك طازجة ، أو مصنعة ، يجب ان يراعى في إنتاجها ، كل الشروط الصحية الممكنة ، وتجنب تلوثها بقدر الإمكان .

## Smoking

## التسخين

يعتبر تسخين الأغذية ، كالأسمك واللحوم ، من طرق الحفظ بالمواد الحافظة ، لأنه أثناء التسخين ، يتصاعد مع بخان الخشب ، أو الفحم المستعمل في التسخين ، أبخرة : كريسولات ، وفينولات ، وكيتونات ، وفورمالدهيد ، وأحماض عضوية كالخليك ، والفورميك ، والبروبيونيك ، يطلق عليها مجتمعة Pyrolygenous acid ، وهي مواد مثبطة للميكروبات ، تنفذ بأنسجة الأغذية أثناء التسخين ، وتساعد على الحفظ .

وأثناء عملية تنخين الأغذية ، فإنه يجب التحكم فى برجة الحرارة والرطوبة ، بما يناسب الغذاء المجفف . وعموماً ، فإن مدة التنخين ، تتراوح ما بين عدة ساعات إلى عدة أيام ، على درجة حرارة تتراوح بين ٤٣ - ٧١ °م حسب نوع الغذاء . ولإستمرار حفظ هذه الأغذية ، يجب أن تحفظ فى جو غير رطب .

### Spices

### التوابل

تضاف التوابل أساساً للأغذية ، لإكسابها الطعم ، والنكهة المقبولة ، غير أن التوابل ، تحتوى على بعض الزيوت المضادة لنشاط الميكروبات Antimicrobial activity ، التى قد تساعد فى حفظ الأغذية .

ويختلف تأثير هذه المواد المضادة ، بإختلاف نوع التوابل ، وكميتها ، ونوع الميكروب (جدول ٦-٢) . وقد وجد أن زيوت التوابل ، أشد تأثيراً ، على الميكروبات ، من التوابل نفسها . كما أنه يتعريض التوابل للهواء ، فإنها تفقد مركباتها الطيارة ، وتفقد بذلك ، تأثيرها المثبط للميكروبات .

### للمضادات الحيوية

جرب استعمال المضادات الحيوية ، مثل الكلورتراسيكلين ، والأوكسى تتراسيكلين ، فى حفظ الأغذية منخفضة الحموضة ، مثل اللحوم ، والأسماك ، والدواجن . ورغم أن النتائج من حيث إطالة مدة الحفظ ، كانت جيدة ، إلا أن استعمال المضادات فى الأغذية ، قوبل بإعتراضات كثيرة ، نظراً للتأثير المتبقى الضار لهذه المواد ، على صحة الإنسان ، وعلى تكوين طفرات من الميكروبات المرضية ، مقاومة لتأثير المضادات .



## Radiation

## ٧- الإشعاع

الأشعة فوق البنفسجية ، رغم أنها قاتلة للميكروبات ، إلا أن قدرتها على اختراق المواد محدود ، وهذا يحدد استعمالاتها ، فى عمليات الحفظ ، حيث يمكن أن تستعمل فى تعقيم أسطح المواد ، مثل أسطح اللحوم المصنعه ، وأسطح الفطائر ، ومنتجات المخابز ، وأسطح الأبواب والأوانى ، وفى معاملة المياه المستخدمة فى تطهير الأسماك .

والطول الموجى المستخدم من هذه الأشعة ، يتراوح بين ٢٥٠ - ٢٨٠ nm ، وذلك بإستعمال لمبات بخار الزئبق ، المصنوعة من الكوارتز .

الأشعة المؤينه ، (مثل أشعة جاما ، وطولها الموجى أقل من ٠,٠١ Å ، ومصدرها الكوبالت المشع  $^{60}\text{Co}$ ) ، قاتلة للميكروبات ، وقدرتها عالية على اختراق المواد . لذلك ، فإن إستعمالها فى حفظ الأغذية كاللحوم والدواجن ، والأسماك ، بدأ يتزايد فى السنوات الأخيرة .

يسمى تعقيم الأغذية بالإشعاع ، بالتعقيم البارد Cold sterilization ، حيث لا ترتفع درجة حرارة الغذاء المعامل ، لأكثر من عدة درجات . ومقاومة الميكروبات للإشعاع ، لا يتطابق مع مقاومتها للحرارة . ومن أكثر الميكروبات مقاومة للإشعاع ، ويهم صانع الأغذية التخلص منها ، هو Clostridium botulinum ، ويحتاج إلى مالا يقل عن ٤,٠ ميجاراد mega - rad لقتله .

تختلف الميكروبات فى مقاومتها للإشعاع ، فأقلها مقاومة هى البكتريا السالبة لجرام ، يليها فى زيادة المقاومة ، البكتريا غير المتجرثمة الموجبة لجرام ، ثم الفطريات والخمائر ، ثم البكتريا المتجرثمة ، وأخيرا ، فإن الفيروسات والإنزيمات ، تعتبر من أكثرها مقاومة ، وهذه ، تحتاج لقتلها ، إلى جرعات عالية عما يستعمل فى حالة البكتريا ، مثلا على ذلك ، فإن ٠,٦ ميجاراد كافية لقتل السالمونيلا ، بينما تحتاج الفيروسات لجرعات أكبر من ٥,٠ ميجاراد .

وتعتمد معاملة الميكروبات بالأشعة المؤينه ، بعكس معاملات الحفظ بالحرارة ، على جرعة الإشعاع القاتلة Radiation death dose ، أكثر من اعتمادها ، على وقت التشعيع العميت Radiation death time .

ويستعمل التشعيع - مثل الحرارة - بمستويات مختلفة ، منها

**Radiation pasteurization , Radirization**

- البسترة الإشعاعية

وهذا المصطلح ، يكافئ في المعاملات الحرارية ، تعبير بسترة اللبن. ففي البسترة الإشعاعية ، تستخدم جرعات متوسطة من أشعة جاما ، تتراوح بين ٢,٥ إلى - ١٠ كيلو - جراى (\*) ، حيث تسبب قتل أكثر من ٩٨% (وليس ١٠٠%) ، من الميكروبات المفسدة ، بالأغذية المعاملة .

**Commercial radiation , Radappertization**

- التشعيع التجارى

وهذا المصطلح ، يعادل مصطلح التعقيم التجارى ، فى الأغذية المعلبة . وفى التشعيع التجارى ، تستخدم جرعات عالية من أشعة جاما ، تتراوح بين ٣٠ إلى ٤٠ ك - جراى . علما بأن جرعات الإشعاع الأكثر من ٤٥ ك - جراى ، تؤدى إلى التعقيم الكامل .

الجرعات العالية من الإشعاع ، قد تكون ذات تأثير ضار على مكونات وخواص الغذاء ، فبعض الأغذية ، إذا تعرضت لجرعات إشعاع ، أكثر من - ٥٠ ك - جراى ، يحدث لها تغيير فى القوام ، والطعم ، واللون ، والتركيب ، مما يفقدها الكثير ، من صلاحيتها كغذاء .

\* الجراى Gray = ١٠٠ راد Rad

السراد Rad = كمية الإشعاع التى تكافئ امتصاص ١٠٠ برج لكل جرام من المادة الإرج Erg ، هو وحدة قياس الطاقة ، وهو يساوى الطاقة اللازمة لتحريك واحد دالين مسافة

١ سم والجراى ، يساوى أيضا الوحدة المستعملة فى الشغل ، أى القوة بالدالين x المسافة بالسـم

## فساد الأغذية Food spoilage

يحدث الفساد البيولوجي بالغذاء ، بسبب نشاط إنزيمات الغذاء ، أو الميكروبات ، أو الإثنين معا . ويعتبر الفساد الميكروبي أهمها ، ويليه الفساد الإنزيمي . وغالبا فإن المعاملات المستخدمة ، فى حفظ الأغذية من الفساد الميكروبي ، تتلف أيضا إنزيمات الغذاء .

تقسم الأغذية بالنسبة لقابليتها للفساد ، إلى ثلاثة مجاميع

١- أغذية غير قابلة للفساد Unperishable foods  
مثل السكر ، والحبوب ، والدقيق ، وهى لاتفسد ، إلا إذا تدولت بإهمال.

٢- أغذية متوسطة القابلية للفساد Semi-perishable foods  
مثل البطاطا ، والبطاطس ، واللفت ، وهى تبقى سليمة لمدة طويلة ، إذا تدولت ، وخرزنت بعناية .

٣- أغذية قابلة للفساد Perishable foods  
وهذه ، تشمل معظم الأغذية ، من خضروات ، وفاكهة ، ولحوم ، ودواجن ، وأسماك ، والبان ، وبيض . وهذه الأغذية سريعة التعرض للفساد ، مالم تحفظ بطريقة حفظ مناسبة.

وتعتبر أغلب المواد الغذائية ، بيئة صالحة لنمو الميكروبات ، من بكتريا وخمائر وفطريات ، التى إذا توفرت لها ، الظروف المناسبة لنشاطها ، فإنها تحدث تغيرات فى مظهر ، وطعم ، ولون ، وتركيب ، وخواص الغذاء . كما أن من هذه الميكروبات ، أنواعا ممرضة للإنسان ، والحيوان .

وتتوقف طبيعة ، وسرعة فساد الغذاء ، على مجموعة من العوامل ،

منها :

طبيعة الغذاء ، صفاته الطبيعية والكيميائية ، نوع وعند الميكروبات الموجودة به ، طريقة الحفظ المستعملة ، وظروف التخزين .

ويمكن تلخيص عمليات التحلل التي تحدث بالغذاء ، نتيجة نشاط الميكروبات ، فى التفاعلات العامة التالية

**Putrefaction**

- تعفن

أغذية بروتينية + ميكروبات محللة للبروتين —————>  
أحماض أمينية + أمينات + أمونيا + مركبات كبريتية.  
CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>S +

**Fermentation**

- تخمر

أغذية كربوهيدراتية + ميكروبات مخمرة للكربوهيدرات —————>  
أحماض عضوية + كحولات + غازات

**Rancidity**

- ترنخ

أغذية دهنية + ميكروبات محللة للدهون —————> أحماض دهنية +  
جليسرول

التغيرات التي تسببها الميكروبات بالغذاء ، ليست قاصرة فقط على تحلل المادة الغذائية ، بل يمكن أن تحدث أيضا ، نتيجة لما تفرزه الميكروبات أثناء نشاطها التمثيلى ، من مواد مختلفة ، مثل الصبغات ، والمواد اللزجة ، وغيرها .

والجداول التالية ، توضح بعض النماذج ، لأنواع الفساد بالأغذية غير المعلبة .

جدول ٦-٣ : أمثلة لأنواع الفساد بالأغذية الخام (غير المعلبة) والميكروبات المسببة

المسبب	نوع الفساد	الغذاء
إنزيمات الخضار Erwinia , Rhizopus , Aspergillus	لزوجة ، تلون عفن	خضروات طازجة
Rhizopus Botrytis Aspergillus niger	عفن طرى عفن أخضر عفن أسود	فواكه طازجة
Lactobacillus , Leuconostoc, Achromobacter  Saccharomyces Acetobacter	روائح كريهة  تخمير كحولى تخمير خليكى	عصير الفاكهة
Micrococcus , B. megatherium , Pseudomonas  Alcaligenes , Clostridium , Proteus , Pseudomonas  Aspergillus , Cladosporium , Penicillium , Rhizopus	حموضة  تعفن  فطرى وبقع ملونة	اللحوم الطازجة
Alcaligenes , Pseudomonas	لزوجة ، روائح	الدولجن
Alcaligenes , Flavobacterium , Pseudomonas  Micrococcus , Pseudomonas, Sarcina	تعفن  تلون	الأسماك (*)
Alcaligenes, Achromobacter, Coliform  Pseudomonas fluorescens Proteus Cladosporium , Penicillium	تعفن بدون لون  عفن أخضر عفن أسود عفن فطرى	البيض

\* الأسماك أسرع فسادا من اللحوم ، لسرعة تحللها الذاتى بواسطة إنزيماتها ،  
ولأن حموضتها أقل من اللحوم ، فهي أكثر تعرضا للبكتريا ،  
كما أن زيوتها أسرع تزنخا ، من دهن اللحوم .

جدول ٤-٦ : أمثلة لأنواع الفساد بالأغذية المجهزة (غير المعلبة) ،  
والميكروبات المسببة

المسبب	نوع الفساد	الغذاء
<i>Rhizopus nigricans</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Penicillium</i>	فطري مع مناطق ملونة	الخبز
<i>Bacillus subtilis</i>	لزوجة	
<i>Enterobacter aerogenes</i>	لزوجة	الشربات والمرببات
<i>Zygosaccharomyces</i>	خميرة أوزموفيلية	
<i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i>	فطري	
<i>B. polymyxa</i> , <i>Erwinia</i>	طراوة	المخللات
<i>Desulfotomaculum</i>	سواد	
<i>Lactobacillus brevis</i> , <i>Yeast</i>	فجوات	
<i>Rhodotorula</i>	خميرة غشائية ، وتلون	
<i>Lactobacillus</i> , <i>Leuconostoc</i>	اخضرار ولزوجة	السجق
<i>Clostridium botulinum</i>	تسمم بوتشولينى	

## فساد الأغذية المعلبة

تفسد الأغذية المعلبة لأسباب عديدة ، قد تكون بيولوجية ، أو غير بيولوجية . ويحدث الفساد غير البيولوجي ، نتيجة لتفاعل مكونات الغذاء مع معدن العلبة ، فيحدث إنتفاخ إيدروجيني ، أو تلون بالغذاء ، وتكون روائح كريهه ، وعكارة .

وقد يحدث الفساد ، نتيجة عدم كفاية المعاملة الحرارية ، أو عدم إحكام غلق العلبة ، أو حدوث تنفيس بها ، فتتدخل الميكروبات بداخل العلبة، وتسبب فساد الغذاء .

يتوقف نوع الفساد البيولوجي ، بالأغذية المعلبة ، على المعاملة الحرارية ، وما يتبقى بعدها من ميكروبات بالغذاء . فالأغذية منخفضة ومتوسطة الحموضة ، تعامل بالبخار المضغوط ، لذلك فإنها تفسد بالبكتريا المتجرثمة ، الشديدة المقاومة للحرارة (جدول ٦-٥) .

والأغذية الحامضية ، وعالية الحموضة ، تعامل بدرجات حرارة قرب الغليان ، لذلك ، فإنها تفسد بأنواع مختلفة من الميكروبات ، منها المتجرثم ، وغير المتجرثم المقاوم للحموضة ، وكذلك بالفطر ، والخميرة (جدول ٦-٦) .

جدول ٥-٦ : أنواع الفساد بالأغذية المعلبة منخفضة ومتوسطة الحموضة  
(كالحضروات واللحوم)

مظهر الفساد		نوع الفساد والمسبب
في الغذاء	في العلبة	
مظهر الغذاء عادي ، زيادة شديدة في حموضة الغذاء	لا يحدث انتفاخ بالعلبة	<b>بكتريا محبة للحرارة المرتفعة</b>  - فساد المسطح الحامضي(*) Flat sour  B. stearothermophilus
تكون حموضة، وروائح ، وغازات	تنتفخ العلبة تدريجيا، وقد تنفجر	- فساد غازي بدون تكون $H_2S$ Swelling without $H_2S$  Cl. thermosaccharolyticum
إسوداد الغذاء ، وروائح تعفنيه	لا يحدث انتفاخ بالعلبة ويتكون $H_2S$ ، ويمتص بالغذاء	- كبريتي نتن (عفن) Sulfide stinker  Cl. nigrificans
غازات ، وروائح تعفنيه	تنتفخ العلبة تدريجيا وقد تنفجر	<b>بكتريا محبة للحرارة المتوسطة</b>  تعفن  Cl. sporogenes

\* وقد يطلق عليه الفساد لحامضي المستوى أو المستتر

جدول ٦-٦ : أنواع الفساد بالأغذية المعلبة الحامضية (مثل العصائر والفواكه وصلصة الطماطم)

مظهر الفساد		نوع الفساد والمسبب
في الغذاء	في العلبة	
تغير في الحموضة ، مع روائح كريهة ، وطعم غير مقبول	لا يحدث انتفاخ بالعلبة	فساد المسطح الحامضى  B. thermoacidurans
تخمير ، غازات ، ورائحة حامض البيوتيريك	انتفاخ العلبة تدريجيا وقد تنفجر	تخمير بيوتيريكي  Cl. butyricum
طعم حامضى، غازات	انتفاخ العلبة تدريجيا وقد تنفجر	(*) بكتريا غير متجرثمة غالباً منتجة لحامض اللاكتيك
تخمير ، غازات ، رائحة الخميرة	انتفاخ العلبة تدريجيا وقد تنفجر	(*) خمائر
نمو سطحي للفطر ، روائح غير مقبولة	لا يحدث انتفاخ بالعلبة	(*) فطريات

(\*) توجد هذه الميكروبات بالغذاء ، إذا كانت المعاملة الحرارية غير كافية .

**Food poisoning****التسمم الغذائي**

التسمم الغذائي ، هو مرض فجائي ينتج من تناول غذاء ، يحتوى على كيميائيات سامة (كالزرنخ والرصاص) ، أو مبيدات ، أو نباتات وحيوانات سامة (كبعض أنواع عيش الغراب ، وبعض المحاريات ، والأسماك) ، أو سموم ميكروبية .

ويمتاز التسمم الميكروبي ، بأنه يظهر فجأة ، بين مجموعة كبيرة من الناس ، تناولوا الغذاء السام ، مع حدوث اضطرابات ، غالبا ، ما تكون فى الجهاز الهضمي .

ولا يقتصر التسمم الميكروبي على البكتريا ، بل قد يحدث من فطريات ، أو طحالب ، أو بروتوزوا . والسموم (Toxins) التى يكونها الميكروب ، هى عبارة عن نواتج ثانوية للتمثيل الغذائي Secondary metabolites ، وأغلبها عبارة عن بروتين ، أو عديد الببتيدات .

**هناك نوعين من السموم الميكروبية****١- سموم خارجية Exotoxins**

وهذه ، تفرز خارج الميكروب ، ويتسبب التسمم ، عن وجود التوكسين نفسه فى الغذاء (وليس الميكروب) ، كما فى حالة التسمم البوتشولينى ، والعنقودى .

**٢- سموم داخلية Endotoxins**

وهذه ، تتكون داخل الميكروب ، ويحدث التسمم ، نتيجة تعاطى الميكروب حيا ، أى حدوث عدوى ميكروبية infection ، حيث يتكاثر الميكروب بالأمعاء ، وبعد موت الميكروب ، وتحلل خلاياه ، تنطلق التوكسينات الداخلية ، محدثة التسمم ، وذلك كما فى حالة التسمم بالسالمونيلا ، والبكتريا السبحية .

عموما ، تعتمد طرق الوقاية ، من التسمم الغذائي الميكروبي ، على منع وصول الميكروبات للغذاء ، أو إيقاف نموها ، إذا ما وصلت اليه .

## من التسممات الغذائية للبكتيرية

## ١- التسمم البوتشولينى Botulism

يتسبب هذا التسمم ، عن توكسين خارجى ، تفرزه بكتريا Clostridium botulinum . وهو ميكروب موجب لصبغة جرام ، عصوى ، متجراثم بجرثومة تحت طرفيه ، نو أسبورانجيا منتفخة ، لاهوائى . وينمو فى الأغذية المعلبة ، غير محكمة التعقيم ، خاصة الأغذية منخفضة الحموضة ، وكذلك فى الأغذية المعلبة بالمنزل . والميكروب عدة سلالات ، يميز بينها بيوكيميائيا ، أو سيرولوجيا .

تظهر الأعراض بعد ١٢ - ٣٦ ساعة (٢٤ ساعة فى المتوسط) ، من تناول الغذاء المحتوى على للتوكسين : كصداع ، ووار ، وصعوبة فى البلع ، والخطق ، والتنفس ، والنظر ، ثم يحدث شلل بالجهاز التنفسى ، والعصبى . ويعد التوكسين ، من أشد التوكسينات المعروفة تأثيرا ، ولذلك ، فإن نسبة المسوت من هذا التسمم عالية ، تزيد عن ٦٥% ، ويحدث الموت بعد ٣ - ٨ أيام ، من ظهور الأعراض .

الميكروب شديد المقاومة للحرارة ، وتتحمل الجراثيم درجة ١٢٠°م لعدة دقائق ، إلا أن التوكسين يتأثر بالحرارة . وعلى ذلك ، فإن الوقاية من هذا التسمم تتأتى من استخدام الحرارة الكافية عند التعليب ، والغلى الجيد قبل الأكل ، للغذاء المشكوك فيه لإتلاف التوكسين ، وذلك ، لمدة ١٥ دقيقة.

## ٢- التسمم العنقودى Staphylococcal food-poisoning

يتسبب هذا التسمم ، عن توكسين خارجى معوى Enterotoxin ، تفرزه سلالات من بكتريا Staphylococcus aureus . وهو ميكروب موجب لصبغة جرام ، كروى فى عناقيد ، غير متجراثم ، إختيارى للهواء ، يفرز صبغات صفراء اللون ، موجب للكواجيلولاز (انزيم يجمع بلازما الدم) ، وينمو الميكروب ، فى بيئة بها ١٠% NaCl ، ويتحمل ملوحة حتى ١٥% .

هذا التسمم شائع الحوث ، خاصة فى الأفراح والحفلات الجماعية ، وأكثر الأغذية تعرضا لهذا التسمم ، هى الأغذية منخفضة الحموضة عموما ، خاصة الفطائر المحشوة ، والجاتوهات ، ومنتجات الألبان .

تظهر الأعراض ، حسب حساسية الشخص المصاب، بعد ١ - ٦ ساعات ( ٣ ساعات فى المتوسط ) ، من تناول الغذاء المحتوى على التوكسين ، وذلك فى صورة اضطرابات معوية ، مصحوبة بالمغص ، والقيء ، والإسهال . ولا تحدث وفيات من هذا التسمم ، ويتم الشفاء خلال يوم إلى ثلاثة أيام .

الميكروب المسبب للتسمم ، غير متجراثم ، يقتل بسهولة عند درجة حرارة أقل من ١٠٠°م ، إلا أن التوكسين ، شديد المقاومة للحرارة ، ولا يتلف بالغليان .

وعلى ذلك ، فإنه لمنع هذا التسمم ، يبرد الغذاء المطبوخ بسرعة ، ويوضع فى الثلاجة ، لإيقاف نمو ونشاط الميكروب ، حتى لا يتكون التوكسين هذا مع مراعاة ، الأصول الصحية فى تداول الغذاء ، لمنع وصول الميكروب للغذاء .

### Salmonella food-poisoning

### ٣- التسمم بالسالمونيلا

يتسبب هذا التسمم ، عن عدوى ميكروبية ، من بكتريا *S. enteritidis* ، *S. typhimurium* ، وهى ميكروبات سالبة لصبغة جرام ، عصوية قصيرة ، غير متجراثمة ، إختيارية للهواء ، لاتحلل سكر اللاكتوز ، وبعض أنواعها ممرضة للدواجن ، والحيوانات . ويفيز بين السلالات ، بقدرتها على تحليل السكريات المختلفة ، وبإختبارات التجمع .

تظهر الأعراض ، بعد ٧ - ٣٠ ساعة ( ٢٤ ساعة فى المتوسط ) ، من الإصابة . وطول فترة الحضانة هذه ، تميز التسمم بالسالمونيلا ، عن التسمم العنقودى ( ٣ ساعات فى المتوسط ) . وتظهر الأعراض ، فى صورة اضطرابات معوية ، مع إرتفاع بسيط فى الحرارة . ويستمر المرض لعدة أيام (من ٢ إلى ٤ يوم) ، وهو أقل انتشارا من التسمم العنقودى ، ونسبة الوفيات به أقل من ١٪ .

ينتقل الميكروب إلى الغذاء بواسطة الذباب . وأكثر الأغذية تعرضا ، هي الأغذية منخفضة الحموضة ، خاصة اللحوم ، والدواجن ، والأسماك ، وألبان الحيوانات المصابة .

وعلى ذلك ، فللوقاية من هذا التسمم ، يراعى النظافة ، والإشراف الدقيق فى السلخانات ، على الحيوانات المذبوحة ، وغلى الطعام جيدا قبل الأكل لقتل الميكروب . وفى النول المستوردة للحوم ، فإن المحاجر البيطرية ، هى خط الدفاع الأول ، من اللحوم والدواجن والأسماك المجمدة ، المستوردة المصابة .

يبين الجدول ٦-٧ ، مقارنة بين بعض التسممات الغذائية البكتيرية ، الشائعة الحدوث .

#### ٤- تسممات ميكروبية أخرى

توجد أنواع أخرى من البكتريا ، بخلاف ما ذكر ، تسبب تسممات غذائية (عدوى ميكروبية) ، تظهر فى صورة اضطرابات معوية . وتظهر الأعراض على المصاب ، بعد عدة ساعات (١٠ - ٢٤ ساعة) ، من تناول الغذاء المحتوى على البكتريا المسببة .

من هذه البكتريا :

E. coli ، Proteus vulgaris ، Streptococcus faecalis (alpha type) ،

Vibrio parahaemolyticus and Bacillus cereus .

كما توجد بعض الفطريات ، تنمو على الحبوب مثل القمح ، والفول السوداني ، والبقول ، وتفرز سموما فطرية Aflatoxins ، تسبب سموما غذائية ، للإنسان والحيوان ، قد يكون مميتا .

من هذه الفطريات : Aspergillus flavus ، Penicillium puberulum .

ويجب الحذر من تناول حبوب مخزونة ، حدث بها تعفن ، بسبب نمو الفطريات ، لأن السموم الفطرية ، إذا ماتكونت بالغذاء ، فإنها لا تتلف بالحرارة .

جدول ٧-٦ = مقارنة بين التسممات الأظنية البكتيرية الثلاثة

التسمم	المسبب	فترة الحضانة (ساعة)	الأعراض	مدة للمرض (يوم)	نسبة الموت	الأظنية الممرضة
البوتيتوليس Botulism	توكسين ، بخرزه Cl. botulinum	١٣ - ٢٦ (٢٤)	صدماع ، إسهال ، صعوبة في البلع والنطق والشلل ثم خلل في الجهاز التنفسي	٣ - ٨	أكثر من ٨٦٥	الأظنية منخفضة الحوضية المعالية والمعاليت المنزلية
المفتوليس Staphylococcal	توكسين ، بخرزه Staph. aureus	١ - ٦ (٣)	اضطرابات معوية مثل غثاس ، قيح ، إسهال	١ - ٣	منخفضة جدا	الغاطلر المحسومة ، والجثوهوك ، وميتجات الألبان ، والأظنية منخفضة الحوضية عموميا
Cl. perfringens	توكسين ، بخرزه Cl. perfringens	١٠ - ٢٤ (١٥)	اضطرابات معوية	١ - ٣	منخفضة	للحوصم واللواجن والأسماك غير جيدة الطبخ
السالمونيلا Salmonellosis	عذوى Salmonella spp.	٧ - ٣٠ (٢٤)	اضطرابات معوية مع ارتفاع في الحرارة	٢ - ٤	أقل من ٢١	للحوصم والألبان

## Food-borne diseases

## الأمراض التي تنقلها الأغذية

تنتقل بعض الميكروبات الممرضة ، عن طريق الأغذية الصلبة ، أو السائلة ، بما فى ذلك الماء ، فتسبب أمراضا للمستهلك .

## ومن أمثلة الأمراض التي تنقلها الأغذية

المسبب	المرض
<i>Salmonella</i> sp.	التيفود والباراتيفود
<i>Shigella</i> sp.	الدوسنتاريا الباسيلية
<u><i>Entamoeba histolytica</i></u>	الدوسنتاريا الأميبية
<u><i>Vibrio cholera</i></u>	الكوليرا
<u><i>Coxiella burnetii</i></u>	حمى - Q fever (أنواع من التهابات الرئوية)

كما تنتقل عن طريق الأغذية ، الفيروسات المسببة لبعض الاضطرابات المعوية ، والالتهاب الكبدى الوبائى ، وشلل الأطفال . وبالإضافة إلى ذلك ، فقد تنقل الأغذية ، بعض الطفيليات الحيوانية *Food-borne animal parasites* ، مثل البروتوزوا ، والديدان الكبدية ، والأسطوانية ، والشريطية ، وغيرها .

## الوقاية من هذه الأمراض

مصدر العدوى ، للميكروبات المعوية المرضية ، هو المرضى ، وحاملى الميكروب ، والمخلفات البرازيه . وتنتقل الميكروبات إلى الأغذية السليمة ، من المرضى ، وحاملى الميكروب ، وعن طريق الذباب ، والتلوث .

لذلك ، فإن الوسائل المستخدمة ، للوقاية من هذه الأمراض ، تعتمد على الأسس العامة التالية

- المحافظة على الغذاء من التلوث الميكروبي ، مع مراعاة الطرق الصحية السليمة فى : التداول ، والإعداد ، والتقنين ، والحفظ .  
وبصفة خاصة ، يجب أن يؤخذ فى الاعتبار ، تجنب تلوث الغذاء بالمواد البرازية ، والإهتمام بمكافحة النجاس ، وعلاج حاملى المرض ، وتلقيح المخالطين باللقاح الواقى ، والطهى الجيد للغذاء .
- عدم إعطاء الفرصة ، لنمو الميكروبات التى تصل للغذاء ، بالإستهلاك السريع للغذاء بعد إعداده ، أو بالحفظ بالتبريد لحين الإستهلاك .
- التخلص من الأغذية المشتبه فيها .
- نشر الوعى الصحى بين الجمهور .

### الفحص المعملى للأغذية المسببه للأمراض

تعتمد طرق الفحص المعملى ، للأغذية المشتبه فيها ، أو التى سببت المرض ، أو للعينات المأخوذة من الأفراد المصابين ، على نوع الغذاء ، ونوع المرض الناتج ، حسب الأعراض التى ظهرت ، ومدة الحضانه لظهور المرض (جدول ٦-٧) .

ويبدأ الإختبار المعملى للعينة ، بعمل شرائح مصبوغة بصيغة جرام ، وفحصها ميكروسكوبيا ، وسيعطى هذا فكرة ، عن الميكروب المسبب ، وعند الميكروبات بالعينة .  
ثم قد يحتاج الأمر ، خاصة فى حالة الأوبئه ، لعزل المسبب ، وتعريفه ، والتمييز بين افراده ، باستعمال الإختبارات البيوكيميائية ، والسيرولوجية المناسبة ، وإجراء اختبارات حيوانات التجارب .

والجدول (٦-٨) ، يبين أهم البيئات المزرعية المستعملة ، عادة ، لفحص بعض المسببات المرضية .

## جدول ٦-٨ : فحص الأغذية للميكروبات الممرضة

الميكروب	بيئة الإكثار	بيئة التلقيح المباشر ، أو بيئة الصب في الأطباق
<i>Cl. botulinum</i> <sup>(١)</sup>	بيئة قلب عجل بيئة اللحم المطبوخ ، مع الجلوكوز والنشا	بيئة آجار الدم ومستخلص اللحم المقواة للكلوستريديا
<i>Cl. perfringens</i> <sup>(٢)</sup>	بيئة الثيوبجليكولات بيئة اللحم المطبوخ	بيئة آجار الكبريتيت والبيغوليمكسين والسلفانديازين
<i>Staph. aureus</i>	بيئة اللحم المطبوخ مع ١٠٪ ملح طعام بيئة المانيتول والسوربيك	بيئة آجار البكتريا العنقوبية رقم ١١٠
Fecal streptococci	بيئة مرق الدكستروز والأزيد بيئة مرق KF	بيئة آجار KF بيئة آجار الدم وأزيد الصوديوم
<i>Salmonella</i>	بيئة مرق اللاكتوز بيئة مرق السيلينيت والسيستين	بيئة آجار السالمونيلا والشجيلا بيئة آجار بريليانث جرين السلفانديازين
<i>Shigella</i>	بيئة مرق اللاكتوز بيئة مرق السيلينيت والسيستين	بيئة آجار السالمونيلا والشجيلا بيئة آجار بريليانث جرين السلفانديازين

(١) تسخن بيئة الإكثار المملحة (أو التخفيفات) ، على درجة ٨٠°م لمدة ٢٠ ق

(٢) تسخن العينة على درجة ٨٠°م لمدة ٢٠ ق

## Fermented foods

## الأغذية المتخمرة

الأغذية المتخمرة ، هي مجموعة من المنتجات تستعمل كأغذية ، تنتج جزئيا ، أو كلياً ، بالتخميرات الميكروبية ، نتيجة النشاط الميكروبي . ومن أمثلة هذه الأغذية ، المخلاتات ، والسيلاج ، وبعض أنواع السجق Sausages .

وتعتبر بكتريا حامض اللاكتيك ، هي المسئولة أساساً ، عن حدوث التخمر المرغوب فيه ، المطلوب لإنتاج كل نوع من أنواع هذه الأغذية المتخمرة . وهذه البكتريا ، تنتج الحامض ، الذي يساعد على حفظ هذه المنتجات ، إذ يثبط الحامض المتكون ، الميكروبات المسببة للفساد . وتوجد الميكروبات ، المسببة لهذه التغيرات المطلوبة ، طبيعياً على المادة التي ستخمر ، أو تضاف كبادئ Starter culture ، أثناء الإعداد .

والجدول ٩-٦ ، يوضح أمثلة لهذه التخمرات .

جدول ٩-٦ : بعض أمثلة للأغذية المتخمرة والميكروبات المسببة

الميكروبات المسئولة عن التخمر	المادة المستعملة	الغذاء
<p>في المرحلة المبكرة من التخمر  <i>Enterobacter cloacae</i> ,  <i>Erwinia herbicola</i></p> <p>في المرحلة المتوسطة  <i>Leuconostoc mesenteroides</i></p> <p>في المرحلة النهائية  <i>Lactobacillus plantarum</i></p>	شرائح الكرنب	كرنب مخلل Sauerkraut
<p>في المرحلة المبكرة  <i>Leuc. mesenteroides</i> ,  <i>Streptococcus faecalis</i> ,  <i>Pediococcus cerevisiae</i></p> <p>في المرحلة المتوسطة  <i>Lact. brevis</i>, <i>Lact. plantarum</i></p> <p>في المرحلة النهائية  <i>Lact. plantarum</i></p>	خيار زيتون أخضر	مخللات Pickles

تابع جدول ٦-٩ :

الميكروبات المستولة عن التخمر	المادة المستعملة	الغذاء
<p>في المرحلة المبكرة Enterobacter , Coliforms</p> <p>في المرحلة المتوسطة Leuconostoc , Streptococcus , Lactobacillus</p> <p>في المرحلة النهائية Lact. brevis , Lact. plantarum</p>	نباتات خضراء	سيلاج Silage
Pediococcus cerevisiae , Micrococcus spp.	لحوم أبقار	سجق Sausage

## Single - cell protein (SCP)

## البروتين الميكروبي

تسمى بعض المجهرية ، كالخميرة ، والبكتريا ، والطحالب ، على بعض المخلفات الصناعية ، أو الغذائية ، فنحصل بالطرز المركزي ، والتجفيف ، على منتج غني في البروتين ، وذلك ، من تلك الخلايا الميكروبية وحيدة الخلايا Single - cell protein (SCP) .

من المخلفات التي تستعمل ، في إنتاج البروتين الميكروبي ، هيدروكربونات تكرير البترول ، ومخلفات مصانع الورق والأخشاب (كمخلفات صناعية) ، والمولاس ، وشرش الجبن ، وسائل منقوع الذرة (كنواتج ثانوية لمصانع الأغذية) .

يستعمل البروتين الناتج ، في سد الإحتياجات الغذائية ، للإنسان والحيوان . وتفضل الخميرة في إنتاج البروتين ، عن غيرها من الميكروبات ، لأن الخميرة ، تستعمل منذ آلاف السنين ، كغذاء ، وفي الخبز ، دون أن تسبب أضرارا صحية ، عكس غيرها من الميكروبات ، التي قد تنتج بعض المواد الضارة ، التي تقلل من قيمة البروتين الناتج ، أو تضر بالمستهلك .

وتستعمل الخميرة بنجاح ، كعلف للحيوان ، غير أنه نظرا لنقص محتواها البروتيني ، من بعض الأحماض الأمينية الأساسية ، خاصة الكبريتية ، مثل السيستين والميثيونين ، فإن علف الخميرة ، يجب أن يقوى ، بإضافة بعض البروتينات الحيوانية الأخرى ، مثل مسحوق السمك المجفف ، لسد العجز في تلك الأحماض الأمينية .

والملاحظات التالية ، تشجع على إنتاج البروتين الميكروبي ، إذا ما قارناه بإنتاج البروتين النباتي والحيواني

١- تنمو الميكروبات بسرعة ، وتعطى محصولا وفيرا من البروتين ، في زمن قصير .

وللمقارنة ، فإن طن الخميرة ، على سبيل المثال ، يعطى عدة أطنان من البروتين في اليوم الواحد .

بينما ، يعطى وزن طن من الحيوان ، حوالى واحد كيلو بروتين فقط في اليوم .

٢- نسبة البروتين ، في الخلايا الميكروبية مرتفعة ، وهى تبلغ حوالى ٥٠٪ ، من وزن خلايا الخميرة الجافة .

٣- يحتوى البروتين الميكروبي ، الناتج من السلالات الميكروبية المنتخبة ، على أغلب الأحماض الأمينية الأساسية .

٤- بعض أنواع البروتين الميكروبي ، خاصة الناتج من الخميرة ، يحتوى على نسبة مرتفعة من الفيتامينات .

٥- المادة الخام المستعملة ، كبيئة في تنمية الميكروبات ، هى مخلفات ، أو نواتج ثانوية لصناعات اخرى .

ورغم المزايا السابقة ، إلا أنه توجد بعض العقبات ، التى تحد من استعمال البروتين الميكروبي فى التغذية ، منها

١- عدم تعود واستساغة المستهلك للبروتين الميكروبي .

٢- إرتفاع نسبة الأحماض النووية بالبروتين الميكروبي ، التي قد تسبب متاعب صحية للمستهلك ، وحصواتا فوسفاتيه بالكلية .

٣- وجود نقص فى بعض الأحماض الأمينية الأساسية ، خاصة الكبريتية ، بالبروتين الميكروبي .

### References

- Ayers, J.C.; J.O. Mundt and W.E. Sandine (1980). Microbiology of foods. W.H. Freeman & Co., San. Francisco, USA.
- Dack, C.M. (1956). Food poisoning. 3rd Ed., Univ. Chicago Press, Chicago, USA.
- Frazier, W.C. and D.C. Westhoff (1978). Food microbiology. 3rd Ed., Mc - Graw Hill, New York.
- Massel, D.A.A.(1982). Microbiology of foods. Univ. Utrecht. Netherlands.