# الفصل السادس

# ميكروبيولوجيا الأغذية

- مقدمة
- تلوث الأغذية
- المحتوى الميكروبى للأغذية الطازجة
- حفظ الأغذية

طرق الحفظ

١ـ إبعاد أو منع تلوث الغذاء

٢ـ الحرارة المنخفضة

٣ـ الحرارة المرتفعة

٤ـ التجفيـــف

٥ـ التجفيـــد

٦ـ المواد الحافظة

٧ـ الإشعـــاع

- فساد الأغذية

أنواع الفساد بالأغذية الخام (جدول ٦ـ٣)

أنواع الفساد بالأغذية المجهزة، غير المعلبة (جدول ٦ـ٤)

فساد الأغذية المعلبة

- التسمم الغذائى
- الأمراض التى تنقلها الأغذية
- الأغذية المتخمرة
- البروتين الميكروبى
- المراجـع

## الفصل السادس

# ميكروبيولوجيا الأغذية
# Food Microbiology

### مقدمـــة

ترتبط الميكروبات بطرق متعددة ، بكل الأغذية التى نتداولها ، 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 الميكروبى ، 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 تسممات غذائية .

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

## تلوث الأغـذيـــة Food contamination

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 ، يحدد قابليـــة المـــادة الغذائية للحفظ ، ومدى ونوع وسرعة الفساد ، الذى تتعرض له ، ونوع المعاملة المطلوبة لحفظها .

### المحتوى الميكروبى 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 الميكروبى ، 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 الميكروبى ، بالأغنية الطازجة .

### الخضروات والفواكه

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

## اللحـــوم

تتعرض الأنسجة الداخلية ، للحوم الطازجة ، للتلوث من السطوح الخارجية ، وذلك عند تقطيع اللحوم ، من السكاكين ، ومن الوسط المحيط ، واثناء النقـل ، والتـداول . كمـا يحدث التلـوث أثنـاء نزع الأحشـاء الداخلية والأمعاء ، الغنيـة بالميكروبـات .
ويناسب تركيب اللحوم ، نمو البكتريا ، ومن مجاميع البكتريا ، الشائع وجودها باللحوم الطازجة

Pseudomonads , Staphylococci , Enterococci & Coliforms .

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

تتلوث أنسجة الدواجن الداخلية ، من السطح الخارجى ، أثناء الذبح، ونزع الريش ، وإزالة الأحشاء ، وتعتبر السيدوموندات ، 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 الأنسجـة 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 ، كالبكتريا ، التى تسبب الاضطرابات المعوية ، والفيروسات ، التى تسبب الإلتهاب الكبدى الوبائى ، وشلل الأطفال .

## البيـــض

المحتويات الداخلية ، للبيض السليم الطازج ، عادة خالية من الميكروبـات . وتدخل الميكروبات ، كالبكتريا ، 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 .

## حفظ الأغذيـــة Food Preservation

يسعى الإنسان منذ سنوات عديدة ، لحفظ الأغذية ، بهدف منع النمو الميكروبى 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 ، بعيده عن أماكن انتاجه.

**تعتمد كل طرق الحفظ ، على ولحد أو اكثر ، من الأسس التالية**

١- إبعـــاد أو منع التلوث Asepsis
٢- تثبيط النمو الميكروبى Microbistatic action
٣- قتـــل الميكروبـــات Microbicidal action

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

### طـرق الحفـظ

### من الطرق الهامة المستخدمة فى حفظ الأغذية

**١- إبعـــاد او منـــع تلـــوث الغذاء بالميكروبات أثناء التدول والتصنيع**
**Aseptic handling and processing**

تتعرض الأغذية منذ إنتاجها ، من مصادرها الطبيعية ، حتى تناولها طازجة ، أو إعدادها لعمليات التصنيع ، لمجموعة من عمليات التداول ، تؤدى 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 .

## ٢- الحرارة المنخفضة Low temperature

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 لاتقتل الميكروبات ، وكلما زاد الإنخفاض فى درجة الحرارة ، كلما أبطأت هذه الأنشطة الحيوية . وعند الصفر المئوى ، يقف تقريبا نمو أغلب الميكروبات ، ولكن الميكروبات المحبة للبـــرودة ، 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- الخمائـــر ، مثل : Torulopsis

٣- البكتريا ، مثل : Achromobacter , Alcaligenes , Flavobacterium , Micrococcus , Pseudomonas.

ونظرا لأن إنزيمات الغذاء ، تستمر فى نشاطها ، بمعدل بطىء ، 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 التبريـــد والتجميد ، فى الثلاجات المنزلية ، وثلاجات المخازن ، وعربات النقل والسكك الحديدية والبواخر ، اصبح من الممكن ، حفظ ونقل الأغذية المجمدة، بمـا فى ذلك السريعة التعرض للفساد ، لمدد طويلة ولمسافات بعيدة . وأصبـــح من المتاح الآن ، أن نوفر للأسرة العاملة ، الوجبـــات المجهـــزة ، المجمـــدة ، المعـــدة للإستهـــلاك الفـــورى ، بعد تدفئـــة بسيطة . Precooked , frozen , ready-to-serve, foods

## طـرق 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 بدروم 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 الثلاجات 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 الان ، 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 البطىء Slow - freezing method ، عند حرارة أعلى من —١٨°م ، ولمدد تصل لعدة ساعات (٣ - ٧٢ ساعة) ، لآن البللورات الثلجية المتكونة بالغذاء ، ستكون صغيرة فى حالة التجميد السريع ، وبالتالى ، فإن تمزق الأنسجة سيكون أقل عن الأغذية ذات التجميد البطىء ، 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 الثلاجة ، وتسييحها Thawing ، تفسد بسرعة أكبر ، من الأغذية الطازجة .

بعد التجميد ، يحفظ الغذاء المجمد لحين الإستعمال ، بالثلاجات عند —١٨ الى —٢°م ، حيث يقف تقريبا النمو الميكروبى . ويجب تجنب التخزين لمدد طويلة ، مع ملاحظة أن التجميد ، مهما كانت درجة الحرارة المستعملة

منخفضة ، لايؤدى إلى قتل الميكروبات ، ومنها المرضية كالسالمونيلا ، وإن كان عددها يقل قليلا .
لذلك ، فإن تقليل التلوث الميكروبى للأغذية ، قبل تجميدها ، يعتبر أمرا ضروريا . كما قد تسلق الأغذية ، لعدة دقائق قبل تجميدها ، لتثبيط ما بها من إنزيمات ، التى قد تسبب فسادا للأغذية على درجات الحرارة المنخفضة.

### ٣- الحرارة المرتفعة High temperature

تؤدى الحرارة المرتفعة ، إلى قتل الميكروبات ، بتخثيرها ، أو إتلافها لإنزيمات ، وبروتوبلازم الخلايا الميكروبية . وهى بذلك ، تعتبر من الطرق الآمنه فى حفظ الأغذية ، حيث أنها تؤدى إلى تعقيم الغذاء ، أو تقليل محتواه الميكروبى ، مع التخلص من الميكروبات المفسدة ، والممرضة .

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

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

### ومن المعاملات الحرارية المستخدمة فى حفظ الأغذية

#### أ- البسترة Pasteurization

فى هـــذه المعاملة ، تستخدم درجة حرارة أقل من ١٠٠°م ، لمدة مناسبة ، ومعاملة البسترة لاتؤثر 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 .

ب- الغليـــان **Boiling**

تستعمل هذه المعاملة ، فى الأغذية التى تتحمل الغليان (حوالى ١٠٠°م) ، والتى يكون إحتمال فسادها بالميكروبات المتجرثمة قليل . لذلك، فهى منتشرة فى حفظ الأغذية الحامضية ، كعصير الطماطم والمربات ، وفى الأغذية المعدة بالمنزل .

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

جـ - التعليب **Canning**

هذه الطريقة ، من الطرق الشائعه 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 ١٠٠°م . ويستعمل فى ذلك ، معقمات البخار المضغوط . وتختلف المعاملة الحرارية للغذاء ، أى المدة ، ودرجة الحرارة المستعملة فى التعقيم (وهذه تتراوح من ١٠٠ إلى ١٢١°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 ، لايحتاج الأمر لأكثر من الغليان ، على درجة ١٠٠°م لدقائق محدودة ، بينما يستعمل التعقيم بالبخار المضغوط (١٢١°م) ولمدة أطول ، للأغذية المعلبه منخفضة الحموضة كاللحوم .

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

جـــدول ٦-١ : حمـوضـــة بعـض الأغذيـــة

| تقسيم الأغذية من حيث الحموضـــة* | الرقم الإيدروجينى | أمثلة لبعض الأغذية |
|---|---|---|
| **حامضية** | | |
| عالية الحموضـــة | ٢,٥ - ٣,٥ | المخللات ، الموالح ، العنيبات ، كالكريز ، والفراولة . |
| حـــامضيـــــــه | ٣,٥ - ٤,٥* | عصير الطماطم ، وأغلب الفواكه . |
| **غير حامضية** | | |
| متوسطة الحموضة | ٤,٥ - ٥,٥ | بعض الخضر ، كالجزر ، والبنجر ، والسبانخ ، والكوسه ، والأسبرجس . |
| منخفضة الحموضة | ٥,٥ - ٧,-** | أغلب الخضر ، اللحوم ، الأسماك ، الدواجن ، اللبن ، والبيض . |

* عند pH ٤,٥ ، يكون الطعام حامضيا بالقدر الكافى ، الذى يحد من نمـو الكائنات الدقيقة ، لذلك أتخذت 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 التجارى Commercial sterilization (وليس التعقيم البكتريولوجى) ، بإستخدام المعاملة الحرارية ، التى تكفى لقتل الميكروبات المفسدة والممرضة ، وفى نفس الوقت ، لا تسبب ضررا بخواص الغذاء . لذلك ، قد تحتوى الأغذية المعلبة ، على جراثيم بكتريا محبة للحرارة المرتفعة ، ولكن ظروف التخزين عند درجات الحرارة العادية ، لاتسمح لها بالنمو وإحداث الفساد . غير أنه تحت جميع الظروف ، فإن المعاملة الحرارية ، خاصة للأغذية غير الحامضيـــة ، يجب أن تكـــون كافيـــه لقتـل جراثيـم البكتريا اللاهوائية Clostridium botulinum ، المسببة للتسمم البوتشولينى المميت . وأشد أنـــواع جراثيمها مقاومة للحرارة ، تقتل عند درجة ١٢١°م لمدة ١٥ ق ، عند pH ٧,- .

التفصيلات الخاصة بخطوات التعليب ، تختلف بإختلاف الغذاء ، ولكنها عموما ، تتضمن الخطوات العامة التالية :
تدريج الغذاء ، الغسيل ، السلق ، ملأ 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 فى علب صفيح ، أو فى عبوات بلاستيك ، تتحمل حرارة التعقيم العالية ، وهذه العلب مصنوعة من طبقات مدمجة ، وبها طبقة من رقائق الألومنيوم ، لتكون حائلا للغازات والرطوبة . والأنواع الأكثر إستعمالا الآن ، هى الأكياس القابلة للإنثناء ، وتغلق هذه الأكياس بعد الملأ، بصهر طبقة البلاستيك الداخلية بالحرارة ، فى جهاز القفل .

تعامل الأغذية المعلبة حراريا ، إما بطريقة الدفعات Batches ، فى 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 فى ماكينات ، وتعامل ببخار الماء المضغوط.

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

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

## ٤- التجفيف Dehydration

يعتبر الحفظ بالتجفيف ، من أقدم الطرق ، كما أنه أكثر شيوعا حتى عن الحفظ بالتجميد . والتجفيف يقلل من نسبة الماء بالمادة الغذائية ، فتصبح غير صالحة لنمو الميكروبات ، فيقل ، أو يقف نشاط الميكروبات ، دون 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

$$\frac{\text{الضغط البخارى للمحلول ، أى للمواد الذائبة فى ماء البيئة}}{\text{الضغط البخارى للماء ، أى للمذيب}}$$

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 العادية ٠,٨٨ ، الخمائر المحبة للضغط الأسموزى ٠,٦٠
الفطريات العادية ٠,٨١ ، الفطريات المحبة للجفاف ٠,٦٥

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

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

### 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- التجفيد Lyophilization , Freeze - drying

هذه الطريقة ، تجمع بين التجميد والتجفيف ، حيث تجمد المادة تجميدا سريعا ، ثم تجفف بالتسامى تحت تفريغ ، وتصل نسبة الرطوبة فى المنتج النهائى لأقل من ٠,٥٪ . والمادة المعاملة بهذه الطريقة ، يمكن حفظها لمدة طويلة جدا ، 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، خاليه من الميكروبات المرضية ، وروعيت الشروط الصحية فى إنتاجها .

## ٦- المواد الحافظة Preservatives

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

أما المواد الحافظة ، التى تضاف للغذاء ، فهى عديدة ، ويشترط فى هذه المواد ، أن تكون غير ضارة بصحة المستهلك .
من المواد العضوية التى تضاف : حامض السوربيك ، والبروبيونيك (بتركيز ١ — ٥ فى الألف) لتثبيط نمو الفطريات بالخبز ، والبنزويك (بنسبة ١ فى الألف) ، للشربات ، وعصير الفواكه ، والمربات .
ومن المواد المعدنية المضافة : كلوريد الصوديوم فى 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 فى الإعتبار ، أن المواد الحافظة ، ليست بديلا عن النظافة ، فالمادة الخام منذ حصادها بالحقل ، وحتى تقديمها للمستهلك طازجة ، أو مصنعة ، يجب ان يراعى فى إنتاجها ، كل الشروط الصحية الممكنة ، وتجنب تلوثها بقدر الإمكان .

## التـــدخين Smoking

يعتبر تدخين الأغذية ، كالأسماك واللحوم ، من طرق الحفظ بالمواد الحافظة ، لأنه أثناء التدخين ، يتصاعد مع دخان الخشب ، أو الفحم المستعمل فى التدخين ، أبخرة : كريزولات ، وفينولات ، وكيتونات ، وفورمالدهيد ، واحماض عضوية كالخليك ، والفورميك ، والبروبيونيك ، يطلق عليها مجتمعة Pyroligenous acid ، وهى مواد مثبطة للميكروبات ، تنفذ بأنسجة الأغذية أثناء التدخين ، وتساعد على الحفظ .

وأثناء عملية تدخين الأغذية ، فإنه يجب التحكم فى درجة الحرارة والرطوبة ، بما يناسب الغذاء المجفف . وعموما ، فإن مدة التدخين ، 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 .

## التوابـل Spices

تضاف التوابل أساسا للأغذية ، لإكسابها الطعم ، والنكهه المقبوله ، 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 تأثيرا ، على الميكروبات ، من التوابل نفسها . كما أنه بتعريض التوابل للهواء ، فإنها تفقد مركباتها الطيارة ، وتفقد بذلك ، تأثيرها المثبط للميكروبات .

## المضـــــادات الحيـوية

جرب استعمال المضادات الحيوية ، مثل الكلورتتراسيكلين ، 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 ، نظرا للتأثير المتبقى الضار لهذه المواد ، على صحة الإنسان ، وعلى تكوين طفرات من الميكروبات المرضية ، مقاومة لتأثير المضادات .

جدول ٦-٢: بعض التوابل ومركباتها المضادة للميكروبات

| التوابل | % للزيوت الأساسية بالنبات (*) | مستخلص المادة المضادة للميكروبات | | التركيز المضاد للميكروبات*** | | الميكروبات الحساسة |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | المادة** | % | جزء فى المليون | التأثير | |
| ثوم Garlic | ٠,٣ - ٠,٥ | Allyl sulfonyl, Allyl sulfide | | ١٠٠ - ١٠٠٠ | مثبط | خمائر ، بكتريا |
| زعتر Thyme | ٢,٥ | Carvacrol, Thymol | | ١٠٠ | قاتل | بكتريا |
| فلفل أحمر Paprika | ٣,- | Capsicidin | | ١٠٠ | مثبط | خمائر ، بكتريا |
| فلفل حلو Allspice | ٣ - ٥ | Eugenol | ٧٣-٧٨ | ١٠٠٠ | قاتل | خمائر ، بكتريا |
| قرفة Cinnamon | ٠,٥ - - ١,- | Cinnamic aldehyde | ٦٥-٧٥ | ١٠٠٠ - ١٠٠٠ | قاتل | خمائر ، بكتريا ، فطريات |
| قرفة صينى Cassia | ١,٢ | Cinnamyl acetate | ٧٥-٩٠ | ١٠٠ - ١٠٠٠ | قاتل | خمائر ، بكتريا |
| قرنفل Clove | ١٦,- - ١٩,- | Eugenol | ٧٢-٩٢ | ١٠٠٠ | قاتل | خمائر ، بكتريا |
| مستارده Mustard | ٠,٥ - - ١,- | Allyl isothiocyanate | ٩٠ | ١٠٠ | قاتل | خمائر ، بكتريا |

* تعتمد نسبة الزيوت الموجوده بالنبات على الظروف الزراعية ، والبيئة ، خلال موسم النمو

** قد يحتوى النبات ، على أكثر من مادة مضادة للميكروبات .

*** يزيد تأثير المواد المضادة للميكروبات ، كلما انخفض pH الوسط .

## ٧- الإشعـــــاع Radiation

الأشعه 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 الأدوات 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 .

الاشعة المؤينه ، (مثل أشعة جامـا ، وطولهـا الموجـى أقل من ٠,٠١ A° ، ومصدرها الكوبالت المشع $^{60}Co$) ، 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 لاترتفع درجة حرارة الغذاء المعامل ، لأكثر من عدة درجات . ومقاومة الميكروبات للإشعاع ، لايتطابق مع مقاومتها للحرارة . ومن أكثر الميكروبات مقـاومة للإشعـاع ، ويهـم صانـع الأغذيـة التخلص منهـا ، هو Clostridium botulinum ، ويحتاج إلى مالا يقل عن ٤,- 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 الفيروسـات والإنزيمات ، تعتبر من أكثرها مقاومة ، وهذه ، تحتاج لقتلها ، إلى جرعات عالية عما يستعمل فى حالة البكتريا ، مثالا على ذلك، فإن ٠,٦ ميجاراد كافية لقتل السالمونيلا ، بينما تحتاج الفيروسات لجرعات أكبر من ٥,٠ ميجاراد .

وتعتمـد معاملـة الميكروبـات بالأشعـة المؤينـه ، بعكس معامـلات الحفظ بالحرارة ، على جرعـة الإشعـاع القاتلة Radiation death dose ، أكثر من اعتمادها ، على وقت التشعيع المميت Radiation death time .

ويستعمل التشعيع - مثل الحرارة - بمستويات مختلفة ، منها

- البسترة الإشعاعية **Radiation pasteurization , Radirization**

وهذا المصطلح ، يكافىء فى المعاملات الحرارية ، تعبير بسترة اللبن. ففى 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 .

- التشعيع التجارى **Commercial radiation , Radappertization**

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

الـراد Rad = كمية الإشعاع التى تكافىء امتصاص ١٠٠ إرج لكل جرام من المادة

الإرج Erg ، هو وحدة قياس الطاقة ، وهو يساوى الطاقة اللازمة لتحريك واحد داين مسافة ١ سم

والجراى ، يساوى أيضا الوحدة المستعملة فى الشغل ، أى القوة بالداين x المسافة بالسم

## فساد الأغذية Food spoilage

يحدث الفساد البيولوجى بالغذاء ، بسبب نشاط إنزيمات الغذاء ، أو الميكروبات ، أو الإثنين معا . ويعتبر الفساد الميكروبى أهمها ، ويليه الفساد الإنزيمى . وغالبا فإن المعاملات المستخدمة ، فى حفظ الأغذية من الفساد الميكروبى ، 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 تدوولت بإهمال.

٢- أغذية متوسطة القابلية للفساد Semi-perishable foods
مثل البطاطا ، والبطاطس ، واللفت ، وهى تبقى سليمة لمدة طويلة ، إذا تدوولت ، وخزنت 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 وعدد الميكروبات الموجودة به ، طريقة الحفظ المستعملة ، وظروف التخزين .

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

- تعفـن **Putrefaction**

أغنيـــة بروتينيـــة + ميكروبـــات محللـــة للبروتيـن ——————> أحمـــاض أمينيـــة + أمينـــات + أمـونيـــا + مركبات كبريتية. + $CO_2$ + $H_2S$

- تخمـــر **Fermentation**

أغنيـــة كربوهيدراتية + ميكروبات مخمرة للكربوهيدرات ——————> أحمـــاض عضـويـة + كحـــولات + غـــازات

- تزنـخ **Rancidity**

أغنية دهنيـة + ميكروبات محللة للدهـون ——> أحماض دهنية + جليســـــرول

التغيرات التى 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 .

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

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

| الغـــذاء | نوع الفســـاد | المسبب |
|---|---|---|
| خضـــروات طازجة | لزوجة ، تلون | إنزيمات الخضار |
| | عفـــن | Erwinia , Rhizopus , Aspergillus |
| فواكـــه طازجة | عفن طـرى | Rhizopus |
| | عفن أخضر | Botrytis |
| | عفن أســود | Aspergillus niger |
| عصيـــر الفاكهة | روائح كريهه | Lactobacillus , Leuconostoc, Achromobacter |
| | تخمر كحولى | Saccharomyces |
| | تخمر خليكى | Acetobacter |
| اللحـوم الطازجة | حموضـــة | Micrococcus , B. megatherium , Pseudomonas |
| | تعفـــن | Alcaligenes , Clostridium , Proteus , Pseudomonas |
| | فطرى وبقع ملونة | Aspergillus , Cladosporium , Penicillum , Rhizopus |
| الـــدواجـــن | لزوجة ، روائح | Alcaligenes , Pseudomonas |
| الأسمـــــاك(*) | تعفن | Alcaligenes , Flavobacterium , Pseudomonas |
| | تلـون | Micrococcus , Pseudomonas, Sarcina |
| البيـــــض | تعفن بدون لون | Alcaligenes, Achromobacter, Coliform |
| | عفن أخضـــر | Pseudomonas fluorescens |
| | عفن أســـود | Proteus |
| | عفن فطـــرى | Cladosporium , Penicillium |

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

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

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

## فســـاد الأغـذيـــة المعلبـة

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

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

يتوقف نـــــوع الفساد البيولوجى ، 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 بأنـــواع مختلفـــة من الميكروبات ، منها المتجرثم ، وغير المتجرثم المقاوم للحموضة ، وكذلك بالفطر ، والخميرة (جدول ٦-٦) .

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

| نوع الفساد والمسبب | مظهر الفساد | |
|---|---|---|
| | فى العلبة | فى الغذاء |
| **بكتريا محبة للحرارة المرتفعة** | | |
| - فســاد المسطح الحامضى(*) Flat sour<br>B. stearothermophilus | لايحدث انتفاخ بالعلبة | مظهر الغذاء عادى ، زيادة شديدة فى حموضة الغذاء |
| - فساد غازى بدون تكون $H_2S$ Swelling without $H_2S$<br>Cl. thermosaccharolyticum | تنتفخ العلبة تدريجيا، وقد تنفجر | تكون حموضة، وروائح ، وغازات |
| - كبريتى نتن (عفن) Sulfide stinker<br>Cl. nigrificans | لايحدث انتفاخ بالعلبة ويتكون $H_2S$ ، ويمتص بالغذاء | إسوداد الغذاء ، وروائح تعفنيه |
| **بكتريا محبة للحرارة المتوسطة** | | |
| تعفــن<br>Cl. sporogenes | تنتفخ العلبة تدريجيا وقد تنفجر | غــازات ، وروائح تعفنيه |

* وقد يطلق عليه الفساد الحامضى المستوى أو المستتر

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

| نوع الفساد والمسبب | مظهر الفساد | |
|---|---|---|
| | فى العلبة | فى الغذاء |
| فساد المسطح الحامضى<br>B. thermoacidurans | لايحدث انتفاخ بالعلبه | تغير فى الحموضة ، مع روائح كريهه ، وطعم غير مقبول |
| تخمر بيوتيريكى<br>Cl. butyricum | انتفاخ العلبة تدريجيا وقد تنفجر | تخمر ، غازات ، ورائحة حامض البيوتيريك |
| (*)بكتريا غير متجرثمة غالبا منتجة لحامض اللاكتيك | انتفاخ العلبة تدريجيا وقد تنفجر | طعم حامضى، غازات |
| (*)خمائر | انتفاخ العلبة تدريجيا وقد تنفجر | تخمر ، غازات ، رائحة الخميرة |
| (*)فطريات | لايحدث انتفاخ بالعلبة | نمو سطحى للفطر ، روائح غير مقبوله |

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

## التسمم الغذائى Food poisoning

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

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

ولايقتصر التسمم الميكروبى على البكتريا ، بل قد يحدث من فطريات، أو طحالب ، أو بروتوزوا . والسموم (Toxins) التى يكونها الميكروب ، هى عبارة عن نواتج ثانوية للتمثيل الغذائى 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 الغذائى الميكروبى ، على منع وصول الميكروبات للغذاء ، أو إيقاف نموها ، إذا ماوصلت اليه .

## من التسممات الغذائية البكتيرية

### ١- التسمم البوتشولينى Botulism

يتسبب هـــذا التسمم ، عـن تـوكسين خارجـى ، تفـرزه بكتريا Clostridium botulinum . وهو ميكروب موجب لصبغة جرام ، عصوى ، متجرثم بجرثومة تحت طرفيه ، ذو أسبورانجيا منتفخة ، لاهوائى . وينمو فى الأغذية المعلبة ، غير محكمة التعقيم ، خاصة الأغذية منخفضة الحموضة ، وكذلك فى الأغذية المعلبة بالمنزل . وللميكروب عدة سلالات ، يميز بينها بيوكيميائيا ، أو سيرولوجيا .

تظهر الأعراض بعد ١٢ - ٣٦ ساعة (٢٤ ساعة فى المتوسط) ، من تناول الغذاء المحتوى على التوكسين : كصداع ، ودوار ، وصعوبة فى البلع، والنطق ، والتنفس ، والنظر ، ثم يحدث شلل بالجهاز التنفسى ، والعصبى .
ويعد التوكسين ، من أشد التوكسينات المعروفة تأثيرا ، ولذلك ، فإن نسبة المـــوت من هذا التسمم عاليـة ، تزيـد 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 العنقـودى 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 متجرثم ، إختيارى للهواء ، يفرز صبغات صفراء اللون ، موجب للكوأجيولاز (انزيم يجمع بلازما الدم) ، وينمو الميكروب ، فى بيئة بها ١٠٪ NaCl ، ويتحمل ملوحة حتى ١٥٪ .

هذا التسمم شائع الحدوث ، 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 ، والقيىء ، والإسهال. ولاتحدث وفيات من هذا التسمم ، ويتم الشفاء خلال يوم إلى ثلاثة أيام .

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

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

## ٣- التسمم بالسالمونيلا Salmonella food-poisoning

يتسبب هذا التسمم ، عن عدوى ميكروبية ، من بكتريا S. typhimurium ، S. enteriditis ، وهى ميكروبات سالبة لصبغة جرام ، عصوية قصيرة ، غير متجرثمة ، إختيارية للهواء ، لاتحلل سكر اللاكتوز ، وبعض أنواعها ممرضة للدواجن ، والحيوانات .

ويميز 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 ، هى 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 الدول 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 السودانى ، 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 لاتتلف بالحرارة .

جدول ٦-٧ : مقارنة بين التسممات الغذائية البكتيرية الشائعة

| التسمم | المسبب | فترة الحضانة (ساعة) | الأعراض | مدة المرض (يوم) | نسبة الموت | الأغذية المعرضة |
|---|---|---|---|---|---|---|
| البوتشولينى<br>Botulism | توكسين ، يفرزه<br>Cl. botulinum | ١٢ - ٢٦<br>(٢٤) | صداع ، دوار ، صعوبة فى البلع والنطق والنظر والتنفس ، ثم شلل فى الجهاز التنفسى | ٣ - ٨ | أكثر من ٦٥٪ | الأغذية منخفضة الحموضة المعلبة ، والمعلبات المنزلية |
| العنقودى<br>Staphylococcal | توكسين ، يفرزه<br>Staph. aureus | ١ - ٦<br>(٣) | اضطرابات معوية مثل مغص ، قيىء ، إسهال | ١ - ٣ | منخفضة جدا | الفطائر المحشوة ، و الجاتوهات ، ومنتجات الألبان ، والأغذية منخفضة الحموضة عموما |
| Cl. perfringens | توكسين ، يفرزه<br>Cl. perfringens | ١٠ - ٢٤<br>(١٥) | اضطرابات معوية | ١ - ٣ | منخفضه | اللحوم والدواجن والأسماك غير جيدة الطبخ |
| السالمونيلا<br>Salmonellosis | عدوى<br>Salmonella spp. | ٧ - ٣٠<br>(٢٤) | اضطرابات معوية مع ارتفاع فى الحرارة | ٢ - ٤ | أقل من ١٪ | اللحوم والألبان |

## الأمراض التى تنقلها الأغذية Food-borne diseases

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

### ومن أمثلة الأمراض التى تنقلها الأغذية

| المـــرض | المســبب |
|---|---|
| التيفود والباراتيفـود | Salmonella sp. |
| الدوسنتاريا الباسيلية | Shigella sp. |
| الدوسنتاريا الأميبيـة | Entamoeba histolytica |
| الكوليـــــــــرا | Vibrio cholera |
| حمـــــى Q - fever - (أنواع من الإلتهابات الرئويـة) | Coxiella burnetii |

كما تنتقل عن طريق الأغذية ، الفيروسات المسببة لبعض الاضطرابات المعوية ، والإلتهاب 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 الميكروبى ، مع مراعـــاة الطرق الصحية السليمة فى : التداول ، والإعداد ، والتقديم ، والحفظ .
وبصفة خاصـــة ، يجب أن يـؤخذ فى الإعتبـار ، تجنب تلوث الغذاء بالمـواد البرازيـــة ، والإهتمام بمكافحة الذباب ، وعلاج حاملى المرض، وتلقيح المخالطين باللقاح الواقى ، والطهى الجيد للغذاء .

- عدم إعطاء الفرصة ، لنمو الميكروبـــات التى تصل للغـذاء ، 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 الحضانة لظهور المرض (جدول ٦-٧) .

ويبدأ الإختبار المعملى للعينة ، بعمل شرائح مصبوغة بصبغة جرام، وفحصها ميكروسكوبيا ، وسيعطى هذا فكرة ، عن الميكروب المسبب ، وعدد الميكروبات بالعينة .
ثم قـد 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 فى الأطباق |
|---|---|---|
| Cl. botulinum(١) | بيئة قلب عجل<br>بيئة اللحم المطبوخ ، مع الجلوكوز والنشا | بيئة آجار الدم ومستخلص اللحم المقواة للكلوستريديا |
| Cl. perfringens(٢) | بيئة الثيوجليكولات<br>بيئة اللحم المطبوخ | بيئة آجار الكبريتيت والبوليمكسين والسلفاديازين |
| Staph. aureus | بيئة اللحم المطبوخ مع ١٠٪ ملح طعام<br>بيئة المانيتول والسوربيك | بيئة آجار البكتريا العنقودية رقم ١١٠ |
| Fecal streptococci | بيئة مرق الدكستروز والأزيد<br>بيئة مرق KF | بيئة آجار KF<br>بيئة آجار الدم وأزيد الصوديوم |
| Salmonella | بيئة مرق اللاكتوز<br>بيئة مرق السيلينيت والسيستين | بيئة آجار السالمونيلا والشجيلا<br>بيئة آجار بريليانت جرين السلفاديازين |
| Shigella | بيئة مرق اللاكتوز<br>بيئة مرق السيلينيت والسيستين | بيئة آجار السالمونيلا والشجيلا<br>بيئة آجار بريليانت جرين السلفاديازين |

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

## الأغذية المتخمرة Fermented foods

الأغذية المتخمرة ، هى مجموعة من المنتجات تستعمل كأغذية ، تنتج جزئيـــا ، أو كليـــا ، بالتخمـــرات الميكروبية ، نتيجة النشاط الميكروبى . ومن أمثلة هذه الأغذية، المخللات ، والسيلاج، وبعض أنواع السجق Sausages.

وتعتبر بكتريا حامض اللاكتيك ، هى المسئولة أساسا ، عن حدوث التخمر المرغوب فيه ، المطلوب لإنتاج كل نوع من أنواع هذه الأغذية المتخمرة . وهذه البكتريا ، تنتج الحامض ، الذى يساعد على حفظ هذه المنتجات ، إذ يثبط الحامض المتكون ، الميكروبات المسببه للفساد .

وتوجد الميكروبات ، المسببه لهذه التغيرات المطلوبة ، طبيعيا على المادة التى ستخمر ، أو تضاف كبادىء Starter culture ، أثناء الإعداد .

والجدول ٦-٩ ، يوضح امثلة لهذه التخمرات .

جدول ٦-٩ : بعض أمثلة للأغذية المتخمرة والميكروبات المسببه

| الغذاء | المادة المستعملة | الميكروبات المسئولة عن التخمر |
|---|---|---|
| كرنب مخـــلل Sauerkraut | شرائح الكرنب | فى المرحلة المبكرة من المتخمر Enterobacter cloacae , Erwinia herbicola<br>فى المرحلة المتوسطة Leuconostoc mesenteroides<br>فى المرحلة النهائية Lactobacillus plantarum |
| مخـــــللات Pickles | خيـــــار زيتـــون أخضـــر | فى المرحلة المبكرة Leuc. mesenteroides , Streptococcus faecalis , Pediococcus cerevisiae<br>فى المرحلة المتوسطة Lact. brevis, Lact. plantarum<br>فى المرحلة النهائية Lact. plantarum |

تابـــــع جـدول ٦-٩ :

| الغذاء | المادة المستعملة | الميكروبات المسئولة عن التخمر |
|---|---|---|
| سيـــــلاج Silage | نباتات خضراء | فى المرحلة المبكـــرة Enterobacter , Coliforms فى المرحلة المتوسطة Leuconostoc , Streptococcus , Lactobacilus فى المرحلة النهائيـة Lact. brevis , Lact. plantarum |
| سجـــــق Sausage | لحـــــوم أبقار | Pediococcus cerevisiae , Micrococcus spp. |

## البروتين الميكروبى Single - cell protein (SCP)

تنمى بعض المجهريات ، كالخميرة ، والبكتريا ، والطحالب ، على بعض المخلفات الصناعية ، أو الغذائية ، فنحصل بالطرد المركزى ، والتجفيف ، على منتج غنـى فى البروتيـن ، وذلك ، من تلك الخلايا الميكروبية وحيدة الخلايا Single - cell protein (SCP) .

من المخلفات التى تستعمل ، فى إنتاج البروتين الميكروبى ، هيدروكاربونات تكرير البترول ، ومخلفات مصانع الورق والأخشاب (كمخلفات صناعية) ، والمولاس ، وشرش الجبن ، وسائل منقوع الذرة (كنواتج ثانوية لمصانع الأغنية) .

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

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

والملاحظات التالية ، تشجع على إنتاج البروتين الميكروبى ، إذا ما قارناه بإنتاج البروتين النباتى والحيوانى

١- تنمـــو الميكروبات بسرعة ، وتعطى محصولا وفيرا من البروتين ، فى زمن قصير .
وللمقارنة ، فـــإن طـــن الخميرة ، على سبيل المثال ، يعطى عدة أطنان من البروتين فى اليوم الواحد .
بينما ، يعطـــى وزن طـــن من الحيوان ، حوالى واحد كيلو بروتين فقط فى اليوم .

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

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

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

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

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

١- عدم تعود واستساغة المستهلك للبروتين الميكروبى .

٢- إرتفاع نسبة الأحماض النووية بالبروتين الميكروبى ، التى قد تسبب متاعب صحية للمستهلك ، وحصواتا فوسفاتيه بالكلى .

٣- وجـود نقص فى بعض الأحماض الأمينية الأساسية ، خاصة الكبريتية ، بالبروتين الميكروبى .

## 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.

**Mossel, D.A.A.(1982).** Microbiology of foods. Univ. Utrecht. Netherlands.