## الفصل الثامن عشر

# فساد الأغذية والتسمم الغذائى

التاريخ ، فعل عوامل الفساد الحيوية . التأثير على الكربوايدرات . التأثير على البروتينات ، التأثير على الدهون . المركبات الناتجة عن التحال الميكروبيولوجى . التغيرات المتضمنة تركيباً . التغيرات التى تسببها الإنزيمات . التغيرات التى تسببها الأكسدة . الظروف المحيطة بالفساد . درجة الحرارة . التخزين . مدى التلوث فى البداية . التركيب الكيميائى للبيئة . العوامل المساعدة على النمو . الوسط الغازى . نسبة الرطوبة . الفساد الإنزيمى . التغيرات بالأكسدة . طرق منع فساد الأغذية . التبريد . التعقيم . البسترة . إضافة المواد الحافظة الكيميائية : التجفيف . التعبئة فى الأوانى المحكمة القفل . النظافة . اختبار فساد الأغذية . التسمم الغذائى . التسمم البوتيوليني . التسمم بالميكروب العنقودى . التسمم بالسالمونيلا . البسائط الحيوانية والديدان الخيطية .

بدأت محاولات الإنسان منع فساد أغذيته منذ قرون عدة ، بل إن أولى هذه المحاولات ترجع إلى تاريخ بداية البشرية على سطح الأرض . وهذا الفساد الذى يعترى المواد الغذائية ما هو إلا نتيجة حتمية تفرضها الطبيعة ، إذ أن كل جسم حى عندما يموت يبدأ تحلله ويستمر التحلل حتى تتحول جميع مكوناته إلى عناصر بسيطة تعود إلى الأرض ويمكن أن يعاد استخدامها أى ارتباطها لتكوين مركبات جديدة نافعة . فالمواد العضوية يتخلف عنها عنصرا الكربون والنتروجين اللذان يرتبطان مرة أخرى فى تكوين ونمو نباتات جديدة . وهذا يفسر عدم انقراض النباتات من العالم نتيجة لاستنفاذ محتويات التربة من العناصر اللازمة لتكوين ونمو النباتات على مر السنين والأجيال . ويعنى ذلك أن الإنسان بمحاولاته منع فساد الأغذية يعمل فى اتجاه مضاد لقوى الطبيعة ، ولهذا كان موضوع حفظ الأغذية ومنع فسادها من الأمور الصعبة .

ويعرف الفساد بأنه أى تغيير يطرأ على الغذاء ويكون ضارًّا بالصحة ، سواء تأثر مظهر الغذاء بهذا التغيير أم لم يتأثر ، وسواء تبعه أو لم يتبعه تغيير فى القيمة الغذائية للغذاء . وقد تختلف النظرة للفساد باختلاف أجناس البشر ، إذ أن البعض يفضل أنواعاً خاصة من الأغذية عندما يعتريها التحلل أو التغير لدرجة معينة ، بينما تنظر أجناس أخرى إلى هذا الغذاء المتغير باعتباره غذاء فاسداً . مثال ذلك اللبن الحامض والجبن الروكفور .

وقد يكون الفساد بكتريولوجيًّا أو كيماويًّا ، كأن يتعرض الغذاء للتعفن والتحلل بفعل الأحياء الدقيقة أو يصبح سامًّا بإضافة الزرنيخ أو كلوريد الزئبق إليه . ولما كانت التشريعات الغذائية تحرم إضافة المواد الكيمائية السامة إلى الغذاء ، كما أن الشعوب أصبحت على دراية تامة بالمواد السامة التى يجب عدم إضافتها للغذاء فإن الفساد بتأثير الكيماويات المضافة يعتبر غير شائع بل إن حدوثه

يعتبر أمراً متعمداً . ويبقى إذن الفساد البكتريولوجى الذى يحتاج إلى دراسة وافية لمعرفة التغيرات التى تطرأ على الأغذية نتيجة لنشاط البكتريا والفطريات والخمائر ، والتغيرات التى يسببها نشاط الإنزيمات أو التى تحدث نتيجة للأكسدة .

**فعل عوامل الفساد الحيوية :**

**١ ـ التأثير على الكربوايدرات :**

تتوقف طبيعة التغيرات التى تطرأ على الغذاء عند فساده على نوع الأحياء الدقيقة المسببة للفساد وكذلك تركيب الغذاء . فالأغذية الغنية بالكربوايدرات تتعرض للتخمر إذ أن الأحياء الدقيقة تفضل الكربوايدرات ؛ وعلى الأخص السكريات ، على البروتينات . وعادة تنتج أحماض أثناء تحلل السكريات ، مثل حامض اللكتيك الذى ينتج فى حالات كثيرة من حالات فساد الأغذية . كذلك ينتج الغاز عادة ، مثل غاز ثانى أكسيد الكربون أو مزيج من هذا الغاز والإيدروجين . وقد تتكون كحولات ومركبات أخرى . وتتكون الأحماض عادة فى حالة تعبئة الغذاء الملوث بالأحياء الدقيقة فى عبوات مقفلة بعيداً عن الهواء ، وقد تؤدى هذه الحموضة إلى إيقاف نمو أحياء دقيقة أخرى لا تناسبها الحموضة ، كما أن الحموضة قد ترتفع إلى الحد الذى يوقف نشاط نفس الأحياء الدقيقة المنتجة للحامض . ويختلف هذا الحد من الحموضة تبعاً لنوع الأحياء الدقيقة ونسبة السكر وطبيعة الغذاء ، وهو عادة يقع عند PH ٣ إلى ٤٫٥ . وعند الوصول إلى هذا الحد قد يستمر الفساد بحدوث تخمر كحولى للسكريات بفعل الخميرة إن وجدت وإذا كانت هناك بقية من السكر عند بلوغ هذا الحد من الحموضة .

وقد أمكن الاستفادة من تكون الحموضة فى الغذاء بفعل البكتريا فى حفظ بعض الأغذية ومواد العلف . فمن الممكن حفظ الكرنب فى صورة سور كروت Sauerkraut ؛ وحفظ عصير الفاكهة بالحامض والتخمر الكحولى معاً . وحفظ الذرة الخضراء فى صورة سيلاج . ففى هذه الحالات تتكون كمية من الأحماض يتحول السكريات تكفى لمنع نشاط الأحياء الدقيقة الأخرى وإيقاف استمرار التغيرات .

ولا تفيد طريقة الحفظ بالحامض فى حالة الأغذية الفقيرة فى السكر إذ أن رقم pH يكون مرتفعاً إلى الحد الذى يسمح باستمرار نشاط الأحياء الدقيقة أو هدم أو معادلة الأحماض المتكونة . فقد تنهدم الأحماض بفعل البكتريا متحولة إلى ثانى أكسيد الكربون أو إيدروجين أو ميثان أو مزيج من هذه الغازات . وقد تتعادل الأحماض المتكونة مع الأمونيا المنطلقة من البروتينات أو الأحماض الأمينية . وتصبح الظروف عقب معادلة الأحماض ملائمة لنشاط الأحياء الدقيقة المحللة للبروتينات . وقد يزول فعل الحموضة فى حالة توفر الهواء نتيجة لتأكسد الأحماض بفعل البكتريا أو الفطريات . وتعتبر الفطريات أكثر تحملاً للحموضة من البكتريا ، وهذه الفطريات هوائية حتماً .

ولا تتعرض البروتينات للتحلل البكتريولوجى بدرجة واضحة فى حالة الأغذية الغنية بالكربوايدرات ، أو السكريات أساساً ، لأن الأحياء الدقيقة المحللة للبروتينات لا تنشط فى الوسط المرتفع الحموضة ، أى فى حالة تكوين الأحماض بوفرة من السكريات بفعل بعض الأحياء الدقيقة . ولهذا تعتبر الكربوايدرات ذات تأثير واقٍ على البروتينات من الوجهة البيولوجية . فإذا ما عودلت أو تأكسدت أو تحولت الأحماض يبدأ نشاط البكتريا المحللة للبروتينات . وقد يبدأ التأثير على البروتينات بفعل الفطريات حتى فى حالة ارتفاع نسبتى السكريات والحموضة ، إذ أن الفطريات تتحمل الحموضة المرتفعة .

وتتأثر بقية الكربوايدرات ببعض الأحياء الدقيقة ، فالأحياء التى تنتج إنزيم الدياستيز لها القدرة على مهاجمة النشا وتحويل بعضها إلى سكريات فأحماض ونظراً لبطء تكون الأحماض فهناك فرصة سانحة لنشاط الأحياء الدقيقة المحللة للبروتينات ، ولذلك فليس من السهل حفظ الأغذية الغنية فى النشا والفقيرة فى السكريات بطريقة التخمر .

وهناك أنواع من الأحياء الدقيقة تستطيع تحليل النشا ثم تحويل ناتجات التحلل إلى صموغ ، وهذه الصموغ تقى البكتريا من تأثير الحموضة . وبذلك يكون هناك فرصة لنشاط الأحياء المحللة للبروتينات . ومثال هذه الحالة نشاط البكتريا Bacillus mesentericus . فى الخبز .

٢ ـ التأثير على البروتينات :

يعتبر التحلل البكتريولوجى للبروتينات أسوأ تأثيراً فى صفات الغذاء من التحلل البكتريولوجى للكربوايدرات . وينتج عن تحلل البروتينات نواتج متنوعة ، تبدأ بظهور البيتيدات المعقدة والبيتونات والأحماض الأمينية ، ثم تتحلل الأحماض الأمينية فتتكون الأمينات الحرة بهدم مجموعة الكربوكسيل ولذا يصبح الغذاء سامًّا نتيجة لتكون بعض الأمينات ذات الأثر السام الضعيف ، وقد تفصل الأحياء الدقيقة مجموعة الأمين من الحامض الأمينى منتجة حامضاً عضويًّا أو كحولاً أو مركباً إيدروكربونيًّا . وقد تتحلل هذه المركبات الناتجة فتظهر مركبات أبسط تركيباً سواء أكانت أحماضاً أم كحولات أم غازات مثل ثانى أكسيد الكربون والأيدروجين . وقد يكون التحلل البروتينى شديداً إلى حد إنتاج غاز الأمونيا . وعموماً فإن هذا التحلل البروتينى يصحبه دائماً ظهور روائح كريهة ، فقد ينتج من الكبريت كبريتور إيدروجين أو ميركابتانات ، كما قد يتكون إندول واسكاتول skatole وبوتريزين Putrescine وكادافرين Cadaverine .

٣ ـ التأثير على الدهون :

تعتبر الدهون أقل عرضة للتحلل الميكروبيولوجى من الكربوايدرات والبروتينات . فبعض الأحياء الدقيقة المحتوية على إنزيمات الليبيز تحلل الدهون منتجة أحماضاً دهنية وجليسرول ، وهذه الناتجات تتعرض للتخمر مثل الكربوايدرات . وتعتبر الفطريات هى المؤثرة فى الدهون بدرجة أكبر من البكتريا . ولذلك فالأغذية التى تحتوى على الفطريات ، كالجبن الذى يجرى إنضاجه بالفطريات ، تتعرض لتغيرات واضحة فى دهونها .

وقد تتزنخ الدهون بفعل الأحياء الدقيقة أيضاً ، إلا أن غالبية التزنخ تتوقف على الأكسدة فى وجود عامل ملامسة . وهذا التزنخ يصحبه تكسير سلاسل الأحماض الدهنية فى الدهن لإنتاج أحماض أقصر طولاً والدهيدات وكيتونات و بيروكسيدات . وتؤدى هذه التغيرات إلى اختلاف طعم ورائحة الغذاء .

**٤ ـ المركبات الناتجة عن التحلل الميكروبيولوجى :**

بتحلل الكربوايدرات بفعل الأحياء الدقيقة تنتج أحماض أليفاتية وكحولات وألدهيدات وكيتونات وثانى أكسيد كربون وإيدروجين وميثان .

وبتحلل الدهون تتكون أحماض دهنية وجليسرين وأحماض أليفاتية وألدهيدات وكيتونات وكحولات وثانى أكسيد كربون وإيدروجين وميثان .

وبتحلل البروتينات تنتج ببتيدات معقدة وبروتيوزات وأحماض أمينية وأمينات وأحماض أليفاتية وأحماض حلقية وألدهيدات وكيتونات وفينولات وميركابتانات وكبريتور إيدروجين وأمونيا وإيدروجين وثانى أكسيد كربون وميثان ومركبات تحتوى على إندول .

**٥ ـ التغيرات المتضمنة تركيباً :**

قد تتكون بعض مركبات بفعل الأحياء الدقيقة ، وهذه المنتجات تؤثر على نكهة ورائحة ولون الأغذية بدرجة واضحة غير مرغوبة ، مثال ذلك التخليق Synthesis فى الجبن بفعل الفطريات ، وظهور اللون الأصفر أو الأزرق أو البيوسيانين Pyocyanine فى اللبن بفعل البكتريا Pseudomonas pyocyaneus مما يؤثر على نكهة اللبن . وظهور اللون الدموى فى الخبز بفعل Sarratia marcescens ، وظهور الألوان الخضراء والصفراء وغيرهما فى الجبن بفعل الفطريات ، وظهور اللون الأصفر أو الأزرق أو البنى فى اللبن بفعل البكتريا . وبعض المركبات التى تكونها البكتريا تكون سامة للإنسان مثل السم البوتيولينى botulismus toxin الذى تكونه البكتريا Clostridium botulinum والسم enterotoxin الذى تفرزه البكتريا Staphylococcus .

**٦ ـ التغيرات التى تسببها الإنزيمات :**

تعزى التغيرات التى تحدثها الأحياء الدقيقة فى الأغذية إلى نشاط الإنزيمات التى تفرزها هذه الأحياء . وقد تحدث بعض التغيرات الإنزيمية فى الأغذية دون

تدخل الأحياء الدقيقة ويكون ذلك بتأثير الإنزيمات التى توجد فى الغذاء نفسه . مثال ذلك ليونة البطاطس وارتفاع درجة حلاوتها أثناء التخزين على درجة حرارة مرتفعة نسبياً نتيجة لتحلل النشا بفعل إنزيمات الدياستيز الموجودة أصلاً فى البطاطس .

وتتحلل اللحوم أيضاً أثناء تخزينها بفعل إنزيماتها وذلك عندما تتهيأ الظروف لنشاط هذه الإنزيمات . ويلاحظ أن هذه الظروف هى نفسها المشجعة على نشاط الأحياء الدقيقة ، ولذا فالفساد يعزى إلى كل من الأحياء الدقيقة وإنزيمات اللحوم .

وفى حالة انخفاض نسبة الرطوبة فى الأغذية المجففة إلى الحد الذى يعوق نمو الأحياء الدقيقة فإن التغيرات الإنزيمية تكون محتملة الحدوث نتيجة لاحتواء هذه الأغذية على إنزيمات . لذلك ينصح دائماً بسلق الخضروات أو تسخينها على درجة ١٦٥° مئوية لمدة بضع دقائق قبل تجفيفها لقتل الإنزيمات .

وتتعرض الدهون للتحلل الذاتى أثناء التخزين بفعل إنزيمات الليبيز الموجودة فى الغذاء .

وقد يعتبر النشاط الإنزيمى فى بعض الحالات ليس من عوامل الفساد ، كما هو الحال فى تليين قوام اللحم بتخزينه بعض الوقت على درجة حرارة منخفضة وذلك بالتحلل الذاتى للبروتينات بفعل الإنزيمات .

**٧ ــ التغيرات التى تسببها الأكسدة :**

يتضمن تزنخ الدهون بعض الأكسدة . ويتأكسد حامض الأسكوربيك فى اللبن مؤثراً على نكهته . وقد تكون بعض نواتج أكسدة الدهون الثانوية سامة .

**الظروف المحيطة بالفساد :**

تتلخص العوامل البيئية المؤثرة فى فساد الأغذية فى درجة الحرارة وطول فترة التخزين ، ومقدار تلوث الغذاء بالأحياء الدقيقة والمواد الكيمائية ، ووجود الغازات ، ونسبة الرطوبة

**١ ــ درجة الحرارة :**

تعتبر درجة الحرارة أهم العوامل البيئية المؤثرة فى فساد الأغذية ميكروبيولوجيًا ، وتختلف أنواع الأحياء الدقيقة فى مدى تأثرها بالحرارة ، لذلك تقسم الأحياء الدقيقة من هذه الوجهة إلى أحياء ثرموفيلية Thermophilic وهى التى تفضل النمو على درجة حرارة تعلو ٤٠° مئوية أو ١٠٤° فهرنهيت ، وتعتبر درجة ٦٥° مئوية هى الدرجة المثلى لمعظم هذه الأحياء ، وبكتريا ميزوفيلية mesophilic وهى التى تنمو جيداً على درجة حرارة أقل من ٤٠° مئوية بينما يتوقف نموها بارتفاع درجة الحرارة عن ذلك كثيراً ، وأحياء كريوفيلية Cryophilic تنمو جيداً على درجات الحرارة المنخفضة بينما يقل النمو بارتفاع درجة الحرارة وقد يتوقف عند درجة حرارة الغرفة العادية . وجميع هذه الأنواع لها علاقة بفساد الأغذية .

وتعتبر درجة الحرارة المثلى Optimum temperature لمجموعة من الكائنات الحية الدقيقة هى الدرجة التى يبلغ النمو عندها حده الأقصى ، بينما يضعف النمو بارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة عن هذا الحد إلى أن يتوقف النمو تماماً عند درجة معينة The thermal inhibition points . وبارتفاع درجة الحرارة أكثر من ذلك تقتل الأحياء الدقيقة عند بلوغ درجة حرارة معينة The thermal death Point . وقد تعرف درجة الحرارة القاتلة للأحياء الدقيقة بأنها أقل درجة حرارة تقتل عندها هذه الأحياء عندما تتعرض لها مدة عشر دقائق . ونظريًا يقال إنه توجد درجة حرارة تجمد عندها تقتل البكتريا إلا أنه عمليًا لا يشاهد ذلك إذ أن التجميد الصناعى لا ينخفض بدرجة الحرارة إلى هذا الحد القاتل . ومعنى ذلك

أن حفظ الأغذية بالتجميد لا يقتل الأحياء الدقيقة الملوثة لهذه الأغذية . ويجب ألا يغفل أن الدرجات القاتلة ليست محددة تماماً لكل كائن حى بل إنها تختلف تبعاً لظروف البيئة وطريقة التقدير .

ومن الأنضل أن يحدد الوقت اللازم لقتل الأحياء الدقيقة على درجة الحرارة القاتلة ، إذ أن درجة الحرارة والمدة مرتبطان تماماً . ويختلف الوقت The thermal death time تبعاً للمعاملة السابقة للكائن الحى ، فمثال ذلك الأحياء الدقيقة التى فقدت جزءاً من رطوبتها لا تقتل بنفس السهولة التى تقتل بها هذه الأحياء عندما تكون منتشرة فى الماء . ولذلك أيضاً فإن قتل الأحياء الدقيقة على درجة الحرارة المنخفضة يكون أسهل باستخدام الحرارة الرطبة عنه باستخدام الحرارة الجافة . فالميكروب السام Staphylococcus يقتل على درجة ٧٠° مئوية خلال عشر دقائق عندما يكون معلقاً فى الماء بينما نجده يقاوم درجة ١٢٠° مئوية لمدة عشر دقائق إذا كان جافًّا ومعرضاً للحرارة الجافة .

ومن أمثلة تأثير البيئة على درجة الحرارة المثلى للكائن الحى اختلاف هذه الدرجة بالنسبة للخميرة تبعاً لتركيز الأمونيا فى البيئة النامية عليها الخميرة . ويعنى ذلك أيضاً أن درجة الحرارة المثلى تختلف باختلاف طبيعة المادة الغذائية .

وعند تقدير درجة الحرارة المثلى للكائن الحى قد تعد الكائنات النامية بعد بضعة أيام أو بضع ساعات فتكون النتائج المتحصل عليها فى كلا الحالتين مختلفة ، إذ تنخفض درجة الحرارة المثلى المقدرة كلما طالت مدة التقدير .

ولكل كائن حى نطاق معين من درجات الحرارة ينمو خلاله . فإذا كانت درجة الحرارة المثلى لبعض البكتريا الميزوفيلية ٣٠° مئوية فالملاحظ أن هذه الأحياء تنمو على درجات حرارة منحصرة بين الصفر المئوى و ٤٠° أو ٤٥° مئوية ، وقد تقاوم هذه الأحياء درجة ١٢٠° مئوية فى ظروف معينة . ويعتبر هذا النطاق من درجات الحرارة متسعاً ؛ بينما يلاحظ أن بعض الأحياء الدقيقة المتطفلة تكون أكثر تأثراً فهى لا تنمو بانخفاض درجة الحرارة عن ٣٠°

مئوية وتتوقف بارتفاع الدرجة عن ٤٥° مئوية بينما تكون درجة الحرارة المثلى لها ٣٥° مئوية وتقتل على درجة ٦٥° مئوية . وتعتبر البكتريا الثرموفيلية مقاومة للحرارة العالية فتحتاج إلى درجة حرارة بالغة الارتفاع لقتلها بسبب تكوينها جراثيمًا .

٢ ــ التخزين :

تؤثر درجة حرارة تخزين الأغذية فى نمو ونشاط الأحياء الدقيقة . فى حالة التخزين على درجة حرارة منخفضة يصبح متعذراً نمو الأحياء الثرموفيلية بينما تنشط الأحياء الكريوفيلية إلى الحد الذى قد يسبب فساد الغذاء . وبالعكس عند تخزين الغذاء على درجة حرارة مرتفعة يمتنع نمو الأحياء الدقيقة الكريوفيلية ، بينما يحدث الفساد بتأثير البكتريا الثرموفيلية . ولما كانت هذه الأحياء الدقيقة المختلفة تحدث آثاراً مختلفة فى الأغذية . فإنه يصبح متوقعًا أن فساد الأغذية يظهر بصور مختلفة تبعاً لاختلاف درجات حرارة تخزين هذه الأغذية . مثال ذلك تخزين اللبن على درجة الحرارة العادية يؤدى إلى حموضة اللبن دون أن يصحب ذلك أى تغيرات فى الرائحة والنكهة بخلاف ما يتبع تكون الأحماض ، بينما فى حالة التخزين على درجة حرارة منخفضة تتعرض بروتيناته لفعل الأحياء الدقيقة الكريوفيلية المحللة للبروتينات دون الكربوإيدرات وبذلك تظهر رائحة وطعم غير مقبولين بالرغم من عدم حدوث حموضة فى اللبن . والمثال الآخر الجدير بالاهتمام هو وجود البكتريا الثرموفيلية فى الأغذية المعبأة فى العلب الصفيح المحكمة القفل فتعقيم هذه العلب يقتل جميع الأحياء الدقيقة عدا الثرموفيلية أحيانًا . وعند حفظ العلب دافئة بعض الوقت قد تنشط هذه البكتريا الثرموفيلية مسببة فساد الأغذية المعبأة وذلك بإحداث التخمر وإنتاج غازات تسبب انتفاخ العلب أو بإنتاج أحماض دون نفخ العلب . أما فى حالة تبريد العلب تبريداً مفاجئاً فإنه يصبح من المتعذر نمو هذه الأحياء الثرموفيلية وبذلك يمكن حفظ العلب مدة طويلة .

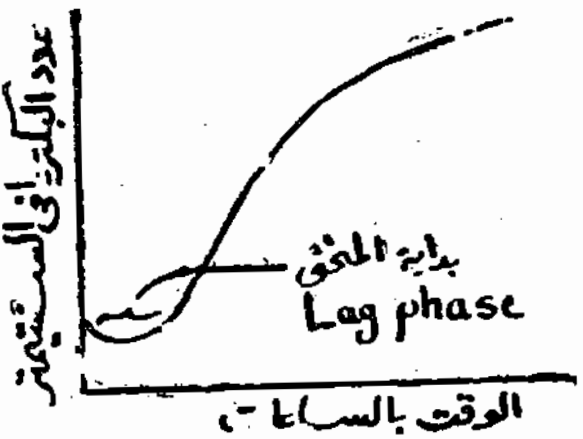
ويتأثر مدى نمو الأحياء الدقيقة فى الغذاء بدرجة الحرارة . فى المجال الذى

ينحصر فيه نمو الأحياء الدقيقة يتضاعف النمو كلما ارتفعت درجة الحرارة عشرة درجات فى اتجاه درجة الحرارة المثلى . أى أن النمو عند درجة ٤٤° مئوية يوازى النمو عند درجة ٤° مئوية ست عشرة مرة . وقد يكون تضاعف النمو عمليًّا أكثر مما هو محسوب نظريًّا . وعادة يكون تضاعف نمو البكتريا الثرموفيلية بارتفاع درجة الحرارة تجاه الدرجة المثلى أكبر بكثير من تضاعف نمو البكتريا الكريوفيلية . وواضح أن هذا التضاعف فى النمو بارتفاع درجة الحرارة مطابق لتضاعف سرعة التفاعل الكيميائى كلما ارتفعت درجة الحرارة عشرة درجات مئوية . وبديهى أن هذا التشابه سببه أن نمو البكتريا ما هو إلا مجموعة من التفاعلات الكيميائية العديدة . ويمكن أن يقال بصفة عامة إنه كلما كانت درجة الحرارة المثلى للأحياء الدقيقة مرتفعة كلما كان نمو هذه الأحياء عند الدرجة المثلى كبيراً . ولذلك فالمشاهد أن البكتريا الثرموفيلية تتكاثر بسرعة جدًّا عند درجة حرارتها المثلى لأنها تتميز بارتفاع هذه الدرجة . ويتضح من ذلك أنه يجب أن يوضع فى الاعتبار عند تخزين الأغذية ألا ترفع درجة الحرارة إلى الحد الذى يسمح بنمو هذه الأحياء الثرموفيلية . وينطبق ذلك أيضاً على البكتريا الميزوفيلية فالتخزين على درجة حرارة متوسطة الارتفاع يؤدى إلى فساد الغذاء بتأثير نشاط البكتريا الميزوفيلية . فإذن يجب بصفة عامة تخزين الغذاء على درجة حرارة منخفضة تحول دون نمو الأحياء الدقيقة الملوثة للغذاء . ويجب أيضاً تبريد اللبن أو اللحم مباشرة ثم التخزين على درجة حرارة منخفضة .

### ٣ — مدى التلوث فى البداية :

من العوامل المؤثرة تماماً فى فساد الأغذية الميكروبيولوجى مدى تلوث هذه الأغذية بالميكروبات قبل تخزينها . فالمعروف أن منحنى النمو لجميع الأحياء الدقيقة لا يتغير شكله بتغير تركيب البيئة كما أنه يظل ثابت الشكل لجميع الأحياء الدقيقة ، لكنه يتغير من الوجهة الكمية تبعاً لعدة عوامل ، وهذا المنحنى تمثل بدايته نمو الأحياء الدقيقة إن وجد . إذ أن النمو فى هذه المرحلة

يكون ضئيلاً للغاية عادة أو قد لا يحدث إطلاقاً ، وتعرف هذه البداية باسم Lag phase ، وهى تختلف فى طولها تبعاً لدرجة حرارة التحضين والعوامل البيئية بالإضافة إلى عدد الأحياء الدقيقة الموجود عند بداية التجربة والمعاملات السابقة التى تعرضت لها الأحياء الدقيقة موضوع البحث . فى حالة انخفاض عدد الأحياء الدقيقة الملوثة للغذاء فى البداية فإن بداية المنحنى تكون طويلة . وتكون هذه البداية فى المنحنى أقصر ما يمكن عندما تكون درجة الحرارة مطابقة للدرجة المثلى للكائن الحى ، ثم تطول هذه البداية تدريجياً بابتعاد درجة الحرارة عن الدرجة المثلى فى كلا اتجاهيها . كذلك تزداد بداية المنحنى طولاً بتغير بعض العوامل البيئية الأقل مناسبة لنمو الكائنات الحية . ومثال ذلك حفظ بعض الأغذية غير الشديدة التلوث بإضافة الكيماويات إليها فتطول بداية المنحنى بالرغم من أن هذه الكيماويات ليست سامة للأحياء الدقيقة ،




( شكل ١١٧ ) منحنى نمو الأحياء الدقيقة

وتقصر بداية منحنى النمو فى حالة الأحياء الدقيقة النامية النشطة عنها فى حالة الأحياء التى كانت فى حالة سكون . ولهذه الظاهرة أهميتها إذ أنها توضح أهمية عمليات النظافة .

**٤ ــ التركيب الكيماوى للبيئة :**

يتأثر نمو الأحياء الدقيقة بحموضة الوسط ونسبة ملح الطعام والضغط الأسموزى

ووجود أو غياب النترات أو النتريت ووجود المضادات الحيوية والعوامل المساعدة على النمو .

فبالنسبة للحموضة عرف أن معظم البكتريا تفضل النمو فى الوسط المتعادل أو ضعيف القلوية ، إلا أن البعض يستطيع النمو فى الوسط الحمضى . ومن الممكن مشاهدة نموات البكتريا فى أوساط تتراوح حموضتها بين pH ٤٫٥ ، pH ١٠ . وبصفة عامة يذكر أن الأحياء الدقيقة المحللة للسكريات تتحمل الحموضة بدرجة أكبر من البكتريا المحللة للبروتينات . ولا يتوقف تأثير الحموضة على قيمة pH فقط بل إن الأحماض العضوية وغير العضوية لها تأثيرها . ويعتقد أن جزىء الحامض غير المتأين له تأثير مثبط على نمو البكتريا . وتتفاوت الأحماض العضوية المختلفة فى تأثيرها السام إذ وجد أن أحماض الستريك والخليك والبروبيونيك تكون أشد تأثيراً من حمضى اللكتيك والبيروفيك . ويختلف تأثير الحامض على الكائنات الحية باختلاف تركيب الغذاء أيضاً ، إذ أن أملاح هذا الحامض والأحماض الأخرى تتدخل فى التأثير على الكائنات الحية . وكقاعدة عامة جميع العوامل التى تقلل من تأين الحامض العضوى تجعل هذا الحامض أشد سمية للكائنات الحية والعكس صحيح . وللحموضة تأثير آخر فهى تزيد من كفاءة التعقيم فى قتل الأحياء الدقيقة ، أى أن الحرارة يزداد تأثيرها فى إبادة الأحياء الدقيقة بارتفاع حموضة الغذاء . ويلاحظ بصفة عامة أن الخمائر والفطريات تتحمل الحموضة بدرجة أكبر من البكتريا ، ومن الممكن مشاهدة نمو البكتريا عند حموضة تبلغ pH ١٫٥ . ولهذا فليس ممكناً حفظ الغذاء من الفطريات باستخدام الأحماض فقط .

وبالنسبة لملح الطعام فقد وجد أن البكتريا السالبة لصبغة جرام يتأثر نموها بملح الطعام بدرجة أكبر من البكتريا الموجبة ، فالأولى يتوقف نموها بارتفاع تركيز كلوريد الصوديوم إلى ٨ فى المائة بينما الأخيرة قد تنمو فى محلول ملح الطعام المشبع . وهناك بعض أحياء دقيقة ، كالمنتشرة فى البحار لا تنمو إلا فى وجود تركيز مرتفع من ملح الطعام . ويبدو أن فعل ملح الطعام هو فعل خاص إذ أنه ليس متوقفاً على تأثيره

فى الضغط الأسموزى وانتزاع الرطوبة من جسم الكائن الحى . ولا يخفى أن وجود ملح الطعام بتركيز منخفض فى البيئة ، أى حوالى واحد فى المائة ، يشجع نمو الأحياء الدقيقة .

وبالنسبة للنترات والنتريتات فقد وجد أن هذين المركبين يعوقان نمو الأحياء الدقيقة . وهناك أنواع من البكتريا تحتوى على إنزيمات تنشط هذين المركبين فيصبحان عاملا أكسدة . وتستعمل النترات بتركيز ٠,٢ فى المائة والنتريت بتركيز ٠,٠٢ فى المائة فى حفظ بعض الأغذية لمنع الفساد الذى تحدثه بعض البكتريا اللاهوائية .

وبالنسبة للسكر فقد وجد أن التركيز المرتفع منه يمنع نمو الأحياء الدقيقة لتأثيره على الضغط الأسموزى . ويجب ألا يقل التركيز فى هذه الحالة عن ٦٥ فى المائة . ولا يمنع هذا التركيز المرتفع من نمو بعض سلالات الخميرة والفطر وبعض البكتريا المنتجة للصموغ . ويفيد هذا التركيز المرتفع من السكر فى حفظ المربى والجلى واللبن المكثف المحلى .

**٥ ــ العوامل المساعدة على النمو :**

تعتبر تركيزات فيتامينات ب فى المواد الغذائية النباتية والحيوانية كافية لاحتياجات الأحياء الدقيقة ، وهى تشجع نمو البكتريا . ويحدث عكس التأثير بفعل المضادات الحيوية وبعض المواد الكيماوية ، إلا أن المضادات الحيوية لا توجد فى النباتات الحية عادة ولذا فهى لا تعوق نمو البكتريا المسببة للفساد فى الأغذية . ويفسر عدم نشاط بكتريا الفساد فى الأنسجة النباتية والحيوانية الحية بعدم قدرة هذه البكتريا على استعمال البروتين بحالته الطبيعية بل يلزم أن تبدأ فيه مرحلة من التحلل الذاتى بعدها يصبح مناسباً لنشاط الأحياء الدقيقة ، وهذا التحلل الذاتى لا يحدث فى الخلايا الحية .

عزلت من النباتات والفطريات والخمائر والبكتريا عدة مضادات حيوية ذات فعل قوى فى منع نمو الأحياء الدقيقة المسببة لفساد الأغذية . وللتوابل فعل مضاد لنمو بكتريا الفساد ، مثل بعض الزيوت العطرية . ويعتقد أن البصل

واللفت والكرنب تحتوى على بعض مواد تمنع بعض الأحياء الدقيقة مثل Bacillus subtilis و Escherichia coli .

٦ ــ الوسط الغازى :

يؤثر الوسط الغازى على نمو الأحياء الدقيقة ، فالأحياء الهوائية حتماً obligate aerobic organisms تنمو فى وجود الهواء فقط بينما الأحياء اللاهوائية تنمو فى غياب الهواء . وينمو عدد كبير من هذه الأحياء تحت كلا الظروف الهوائية واللاهوائية ، غير أن طريقة تغذيتها تختلف فى كل من الوسطين عن الآخر .

ويعتبر الأكسجين فى الهواء العامل المؤكسد الذى يهيىء الطاقة اللازمة للنمو . ولذلك فى الظروف اللاهوائية تكون المواد العضوية هى عوامل الأكسدة وفى نفس الوقت عوامل الاختزال المتدخلة فى إنتاج الطاقة . ومن أمثلة تأثير الأكسجين ما يحدث فى الأغذية المعلبة التى تحتفظ بسلامتها مدة طويلة إلى أن يتكون ثقب فى العلبة يسمح بدخول الهواء ، فإن كان هذا الهواء معقماً لوحظ بالرغم من ذلك نمو ونشاط أحياء دقيقة وفساد المادة الغذائية . فتفسير ذلك أن هذه الأحياء الدقيقة المسببة للفساد كانت موجودة فعلاً فى العلبة المحكمة القفل ولم تنشط بسبب عدم ملاءمة الظروف داخل العلبة لنموها وعدم قدرة هذه الأحياء على مهاجمة بروتينات الغذاء بحالتها الطبيعية أى بدون بدء تحللها ذاتياً ، إذ أن الإنزيمات المحللة للبروتينات إنزيمات خارجية لا تفرزها الأحياء الدقيقة إلا أثناء نموها . فبدخول الهواء فى العلبة ينخفض مقدار الطاقة اللازمة للأحياء الدقيقة الاختيارية وبذلك تبدأ هذه الأحياء فى النمو ، فتفرز الإنزيمات إثر بدء النمو ويبدأ تحلل البروتينات ذاتياً ويترتب على ذلك نمو كل من الأحياء اللاهوائية حتماً والهوائية اختياراً . ومن هذا يتضح أن التخلص من الهواء عند قفل علبة الأغذية بإحكام ليس عاملاً أساسياً فى منع نمو الأحياء الدقيقة على الأغذية المعلبة ، لكنه لا يخفى أن إزالة الهواء قد يصبح بمفرده عاملاً كافياً لمنع فساد المواد الغذائية بفعل الأحياء الدقيقة اللاهوائية كما فى عصير التفاح والمشروبات

الكحولية . فأكسدة كحول الإيثايل إلى حامض خليك بفعل بكتريا حامض الخليك تحدث عندما يكون تركيز الكحول مرتفعاً إلى الحد الذى يعوق نمو الأحياء الدقيقة الأخرى غير المرغوبة وكذلك عندما تكون الظروف هوائية لذلك فطرد الهواء يؤدى إلى المحافظة على الكحول من الأكسدة . والمثال الآخر هو المحافظة على بعض الأغذية من الفساد بفعل الفطريات وذلك بحفظها بعيداً عن الهواء .

وللتركيزات المرتفعة من غاز ثانى أكسيد الكربون تأثير مثبط على نمو الأحياء الدقيقة . لذلك تخزن اللحوم داخل الثلاجات أحياناً فى جو من ثانى أكسيد الكربون . وبازدياد تركيز ثانى أكسيد الكربون فى جو غرف التخزين تقل نسبة الأكسجين فيضعف نمو الأحياء الدقيقة الهوائية حتماً ، كذلك يتغير رقم pH . وهناك بعض أحياء دقيقة لا تنمو إلا فى وجود قليل من غاز ثانى أكسيد الكربون مثل brucella .

## ٧ – نسبة الرطوبة :

يتحتم لنشاط ونمو البكتريا وجود الرطوبة فى الوسط لأن هذه الأحياء الدقيقة تستمد غذاءها فى صورة ذائبة . ويفسر ذلك عدم فساد الأغذية المجففة بفعل الأحياء الدقيقة . وتختلف نسبة الرطوبة الملائمة للأحياء الدقيقة باختلاف رقم pH ونسبة ملح الطعام وبعض عوامل البيئة الأخرى . فانخفاض نسبة الرطوبة فى الحبوب الغذائية إلى أقل من ١٥ فى المائة يعوق نمو البكتريا ويمنع فساد هذه الحبوب ميكروبيولوجياً . ويتوقف النمو فى اللحوم المجففة المحتوية على نسبة من الرطوبة تتراوح بين ١٨ ، ٢٠ فى المائة ، بينما نجد هذه النسبة فى التربة الزراعية تسمح بنمو غزير للأحياء الدقيقة . ويبطؤ النمو جداً فى البيتون المحتوى على ٤٥ فى المائة رطوبة ، ويعلل ذلك ببلوغ نسبة بعض الأحماض الأمينية أو بعض المواد الطبيعية الذائبة الأخرى الحد السام للأحياء الدقيقة بارتفاع تركيز البيتون إلى الحد المذكور . وترتفع نسبة الرطوبة المحددة للنمو فى حالة وجود ملح الطعام . ولتأثير الرطوبة على منع الفساد البكتريولوجى للأغذية أهمية

صناعية إذ يعتمد على هذا التأثير فى حفظ الأغذية بالتجفيف ، أى يخفض نسبة الرطوبة إلى ١٠ أو ١٥ فى المائة . لكنه لا يخفى أن الفساد الإنزيمى لا يتوقف تماماً فى الأغذية المجففة . وتتميز الفطريات على البكتريا بقدرتها على النمو فى الوسط المنخفض الرطوبة الذى تعجز البكتريا على النمو فيه بشرط أن تكون الرطوبة النسبية فى الهواء المحيط بالغذاء مرتفعة . لذلك يلزم التحكم فى رطوبة جو غرف التخزين لمنع نمو الفطريات على الأغذية شبه المجففة المخزنة ، ويجرى ذلك عادة بإمرار تيار من الهواء .

**الفساد الإنزيمى :**

تتأثر الإنزيمات المسببة لفساد الأغذية بظروف الوسط ، فلكل منها درجة حرارة مثلى ودرجة حرارة يتوقف عندها نشاطها . كما أنها تتأثر بالحموضة الفعلية وبالتركيب الكيميائى للبيئة . وتختلف درجة pH المثلى من إنزيم لآخر .

وليس من المرغوب خفض نسبة الرطوبة فى الأغذية المجففة إلى الحد الذى يمنع نشاط الإنزيمات لأن ذلك يصبح مكلفاً . لذلك يفضل فى الحفظ بالتجفيف أن تقتل إنزيمات المادة الغذائية بالسلق قبل التجفيف . وعادة تكفى درجة ١٦٥° إلى ١٧٠° فهرنهيت لقتل الإنزيمات خلال عشر دقائق ، إلا أن بعض الإنزيمات الخارجية تتحمل درجات حرارة إلى ٢١٢° فهرنهيت لفترة قصيرة . وتفيد حرارة السلق فى قتل كثير من الأحياء الدقيقة إلا أن بعضها لا يقتل وبذلك ينشط ويفرز إنزيمات تؤثر فى الغذاء . وأكثر الإنزيمات تحملاً للحرارة هى إنزيمات التحليل المائى .

**التغيرات بالأكسدة :**

تستمر تفاعلات الأكسدة فى الأغذية مسببة فسادها . وتتأثر تفاعلات الأكسدة بظروف البيئة . وتزداد سرعة التفاعل بارتفاع درجة الحرارة . وقد تزداد سرعة التفاعل بتأثير بعض الأملاح ، كما قد يبطؤ التفاعل بتأثير أملاح أخرى ، مثال ذلك كلوريد الصوديوم والنترات ، فكلاهما يزيد من سرعة

تفاعلات الأكسدة . وتعمل البيروكسيدات كعوامل ملامسة تزيد من سرعة تفاعلات الأكسدة . وتقوم مانعات الأكسدة بتأثير مخالف فهى توقف بعض تفاعلات الأكسدة ، إما باستهلاكها للأكسجين أو بكسر سلسلة التفاعلات المتعلقة بالأكسدة . ومن المفيد فى إيقاف تفاعلات الأكسدة طرد الهواء .

وقد تحدث الأكسدة فى المواد الغذائية كنتيجة لنشاط الأحياء الدقيقة حيث تتكون بعض مواد بفعل الأحياء الدقيقة ، وهذه المواد تتعرض للأكسدة فتتلف رائحة وطعم المواد الغذائية . ومن المحتمل أيضاً أن بعض ناتجات نشاط البكتريا قد تمتص الأكسجين أو تتفاعل معه فتمنع بذلك أكسدة مركبات أخرى كان ممكناً أن تتأكسد وتتلف طعم الغذاء . فمن أمثلة الحالة الأخيرة ما يحدث فى اللبن إذ قد يظهر أثر الأكسدة على نكهة اللبن فى حالة عدم تعرضه لنشاط بكتريولوجى بدرجة أكبر من اللبن الذى تنمو فيه البكتريا .

## طرق منع فساد الأغذية :

يستفاد من الظروف التى تحول دون نمو الأحياء الدقيقة فى منع الفساد الميكروبيولوجى للأغذية . وأشهر الطرق المستخدمة ما يلى :

### ١ ــ التبريد :

تخزن الأغذية على درجة حرارة ٣٢° إلى ٣٨° فهرنهيت فيتوقف نمو الأحياء الدقيقة إلى حد كبير ، وبذلك يمكن حفظ الأغذية عدة أسابيع خصوصاً فى حالة انخفاض مدى تلوث هذه الأغذية بالأحياء الدقيقة . وتختلف مدة الحفظ تبعاً لنوع الغذاء ، فهى أقصر للبن عنها للحوم . ويمكن إطالة مدة الحفظ بتجميد الأغذية قبل تخزينها فى الثلاجات ، وفى حالة تجميد الجزء الأكبر من رطوبة الغذاء يمتنع نمو الأحياء الدقيقة تماماً . إلا أنه عند صهر الأغذية المجمدة تصبح البيئة أكثر ملاءمة لنشاط الأحياء الدقيقة ولذلك فالغذاء السابق تجميده يفسد بسرعة مقارناً بالغذاء الطازج . وتساعد درجة الحرارة المنخفضة فى

إيقاف نشاط الإنزيمات وتفاعلات الأكسدة . ويعتبر التبريد أفضل الطرق لمنع فساد الأغذية .

٢ – التعقيم :

يعتبر التعقيم Sterilization أكثر طرق الحفظ استخداماً . ويلزم أن تكون درجة حرارة التعقيم مرتفعة إلى الحد الذى عنده يضمن قتل جميع الأحياء الدقيقة الممكن نموها فى العلب المحكمة القفل . وتختلف درجة حرارة التعقيم ومدته باختلاف المواد الغذائية وشكل وحجم العبوات . فى الأغذية غير الحمضيه يجب أن تصل درجة الحرارة إلى ٢٤٠° فهرنهيت داخل العلبة على أن تبقى محتويات العلبة عند هذه الدرجة بضع دقائق . ويتحصل على نفس النتيجة بالتسخين على درجة حرارة أقل ولكن لمدة أطول . وهذه المعاملة الحرارية حددت على أساس كفايتها لقتل ميكروب التسمم البوتيولينى وبعض الميكروبات المتجرثمة الأخرى . وقد لا تكفى هذه المعاملة الحرارية لقتل بعض الأحياء الدقيقة الثرموفيلية ، لذلك ينصح بتبريد العلب بعد التعقيم مباشرة تبريداً مفاجئاً ، كما يلزم تحاشى تلوث الغذاء الخام بشدة بمثل هذه الأحياء .

وتختلف مدة التعقيم تبعاً لحجم العبوات ولزوجة المادة الغذائية . فمن الضرورى أن تضمن المعاملة الحرارية قتل جميع الأحياء الدقيقة فى جميع أجزاء العلبة . فكلما زاد حجم العلبة وكلما زادت لزوجة المادة الغذائية ، كلما انخفضت سرعة انتقال الحرارة فى المادة الغذائية ، وطالت المدة اللازمة للتعقيم . وينصح بقياس درجة الحرارة داخل العلبة بدقة وذلك باستخدام المزدوجة الحرارية . وبديهى أن درجة حرارة العلبة عند بدء التعقيم تؤثر فى مدة التعقيم ، فالعلب الباردة تحتاج إلى مدة أطول من العلب الساخنة . ومن هنا تظهر فائدة التسخين الابتدائى . وليس ممكناً تعقيم الأغذية غير الحمضية تماماً على درجة ٢١٢° فهرنهيت . أما الأغذية الحمضية ذات رقم pH يقل عن ٥,٥ وكذلك اللحوم المملحة والمدخنة يمكن تعقيمها على درجة حرارة أقل مما ذكر للأغذية غير الحمضية ؛ فالفواكه الحمضية تعقم على درجة غليان الماء . واللحوم المدخنة تعقم ببلوغها

درجة ٢٢٠° فهرنهيت وبقائها على هذه الدرجة لمدة عشر دقائق . وهذه الأغذية الحمضية واللحوم المدخنة لا تخلو عقب تعقيمها من الأحياء الدقيقة إلا أن هذه الأحياء تكون فى حالة متجرثمة ولا تنبت هذه الجراثيم فى وجود الحامض أو المواد المضافة للحوم .

٣ — البسترة :

بعض الأغذية لا تتحمل المعاملة الحرارية أثناء التعقيم حيث يترتب على تعقيمها تغيير النكهة والرائحة . مثل هذه الأغذية يكتفى ببسترتها على درجة ١٤٣ إلى ١٤٥° فهرنهيت لمدة نصف ساعة ، أو على درجة ١٦٠° فهرنهيت لمدة ربع دقيقة لقتل ما تحتويه الأغذية من البكتريا Pathogenic bacteria . ومن أمثلة هذه الأغذية اللبن والمشروبات الكحولية . ولا تفيد البسترة فى حفظ اللبن مدة طويلة لكنها تفيد فى حفظ المشروبات الكحولية حيث يصبح الوسط غير مناسب لنمو الميكروبات بسبب ارتفاع نسبة الكحول أو الحامض .

٤ — إضافة المواد الحافظة الكيميائية :

يمكن إيقاف نمو الأحياء الدقيقة بإضافة بعض المواد الكيميائية إليها ، إلا أن معظم المواد المفيدة فى هذا المجال تحرم التشريعات إضافتها للأغذية فى كثير من الدول . ومن المواد الشائع استخدامها الأحماض العضوية فتضاف فى صناعة التخليل ، كما يستخدم ملح الطعام والسكر والنتراتات والنتريتات فى تسوية اللحوم . ولا يجوز الارتكان على إضافة المواد السابقة الذكر فى منع فساد اللحوم أثناء التسوية بل يلزم تبريد اللحوم إلى درجة ٣٢ إلى ٤٥° فهرنهيت . وتفيد النتريتات فى تثبيت لون الهيموجلوبين ، وقد تتكون هذه النتريتات من النتراتات بفعل الأحياء الدقيقة . ويلاحظ أن خفض درجة الحرارة كثيراً يؤدى إلى توقف نشاط الأحياء الدقيقة المرغوبة وبذلك لا يثبت لون المادة الغذائية تماماً ، كما أن خفض درجة الحرارة إلى حد بعيد يعوق تخلل المواد المضافة بقصد التسوية فى أنسجة المادة الغذائية . كما أن ارتفاع درجة الحرارة كثيراً يسبب نشاط الأحياء الدقيقة الضارة المسببة للفساد .

ومن الممكن حفظ اللحوم مدة طويلة بإضافة ملح الطعام إليها بنسبة مرتفعة ، غير أن هذا يجعل اللحم شديد الملوحة وغير مستساغ . فالنسبة المطلوبة لمنع نمو البكتريا ٣ إلى ٣,٥ فى المائة ، بينما تركيز ٥ فى المائة ملح يجعل اللحم شديد الملوحة . ولا تغنى نسبة الملح المستخدمة عن تبريد اللحوم للمحافظة عليها من الفساد . ويفضل استبدال طريقة نمس اللحوم فى محلول ملحى تركيزه ٤ فى المائة بطريقة حقن المخلوط فى الأوعية الدموية ، وفى هذه الطريقة الأخيرة الحديثة يمكن التحكم فى نسبة الملح المضافة وفق ذوق المستهلك .

**٥ ـ التجفيف :**

يعتبر التجفيف أحد وسائل منع فساد الأغذية . وهذه الطريقة مفيدة فى الحياة العملية على نطاق واسع ، فالسكر والدقيق والحبوب الغذائية والدهون لا تتعرض للفساد عادة بسبب انخفاض نسب الرطوبة بها . ويؤخذ على الأغذية المجففة انخفاض درجة جودتها مقارنة بالأغذية المحفوظة بالتبريد والتجميد .

**ـ التعبئة فى الأوانى المحكمة القفل :**

بحفظ الأغذية بعيداً عن الهواء فى أوانى محكمة القفل تمتنع الأكسدة ويمتنع حدوث التزنخ . ولذا تفضل هذه الطريقة فى حفظ الأغذية الدهنية . وقد تضاف المواد المانعة للأكسدة إلى الدهن أو الغذاء الدهنى . وتفيد التعبئة فى الأوانى المحكمة القفل فى منع نمو الفطريات التى يستلزم نموها وجود الهواء .

**٧ ـ النظافة :**

تعتبر النظافة بالغة الأهمية فى جميع طرق حفظ الأغذية . لذلك يعتنى بالغسيل ومنع تكاثر الأحياء الدقيقة على الآلات والماكينات فى فترات عدم التشغيل . ويجب عدم ترك قمامة أو مخلفات فى المصانع . وتستعمل المياه النظيفة والمنظفات والمطهرات والبخار فى عمليات تنظيف المصانع .

**اختبار فساد الأغذية :**

تجرى الاختبارات البكتريولوجية على الأغذية لمعرفة مدى فسادها . وأكثر الاختبارات استخداماً هو إحصاء عدد البكتريا فى الغذاء المشتبه فى فساده ومقارنة النتيجة بنظيرتها فى غذاء جيد. ويدل ارتفاع عدد البكتريا على عدم العناية بعمليات تداول وتصنيع الغذاء ، فليس ضرورياً أن يصحب ارتفاع العدد ظهور فساد فى الغذاء . وقد حددت طريقة إجراء هذا الاختبار فى اللبن والزبد وأصبحت طريقة الاختبار قياسية . والأساس فى اختبار اللبن هو تحديد عدد البكتريا بينما فى الزبد تعد الخميرة والفطر.

والاختبار الثانى المفيد هو اختبار حيوى organoleptic test ويقوم به أشخاص مدربون يميزون بدء التعفن فى اللحوم بكفاءة .

ويفيد التحليل الكيميائى فى الكشف عن الفساد ، فمثلا تزنخ الدهون يمكن التعرف عليه بتقدير البيروكسيدات ، وفى حالة تعرض الدهون للتحلل يمكن تقدير الأحماض الدهنية الحرة فى الغذاء ويقدر رقم pH أيضاً ويقارن بقيمته فى المادة الطازجة ليستدل من تغير قيمته على حدوث تغيرات فى الغذاء. وأحياناً يصحب التغيرات تكون كمية ملموسة من الأحماض الطيارة أو الأمونيا .

## التسمم الغذائى

يطلق على التسمم الغذائى أحياناً اسم ptomaine poisoning الذى أطلقه Spelm عام ١٨٧٠ نسبة إلى الناتج السام الذى ينتج عند تحلل البروتينات بفعل البكتريا . وهذا الاصطلاح غير مستخدم فى الوقت الحاضر . ويكون التسمم الغذائى عادة سببه المواد الكيمائية السامة أو النباتات والحيوانات السامة أو السموم التى تنتجها البكتريا .

فالمواد الكيميائية السامة للإنسان عند تناولها بطريق الفم يعرف منها الكثير . وأشهر هذه المواد الزرنيخ والإستركنين وفلوريد الصوديوم وأملاح كل من الزئبق والكادميوم والأنتيمون . وكثيراً ما يحدث التسمم من فلوريد الصوديوم المستعمل كمبيد للحشرات بوضعه بطريق الخطأ فى الغذاء عند تحضيره بدلاً من مسحوق الخبيز أو مادة أخرى تشبه المبيد شكلاً . والتسمم بالأنتيمون يحدث عند استعمال أوانى الطهى الزهيدة الثمن . والتسمم بالكادميوم يحدث عند استخدام أدوات الطهى المطلاه بالكادميوم .

والنباتات والحيوانات السامة للإنسان يعرف منها الكثير ؛ ومثالها بعض أصناف عيش الغراب mushroom وفطر الأرجوت السام الذى ينمو على نباتات القمح والشيلم ويسبب التسمم ergotism وبعض أصناف الفول التى تسبب غشاوة على العين favism ونبات Snakeroot الذى يسبب التسمم وبعض النباتات التى تكون حامض أكساليك بنسبة بالغة الارتفاع تؤدى إلى حدوث التسمم مثل أوراق الروند rhubarb .

والبكتريا المسببة للتسمم أشهرها المسببة للتسمم البوتيولينى botulism وتسمم الميكروب العنقودى Staphylococcic food poisoning وتسمم السالمونيلا Salmonella food poisoning .

## التسمم البوتيولينى :

يحدث التسمم البوتيولينى بتناول غذاء يحتوى على الميكروب كلوستريديوم بوتيولينم Clostridium botulinum وعلى السموم التى يفرزها الميكروب . وهذا الميكروب متجرثم لا هوائى يعيش فى التربة وهو لا يحدث التسمم إلا فى وجود السم الذى يفرز أثناء نمو الميكروب فى الغذاء . ولا ينمو هذا الميكروب فى الغذاء إلا فى حالة حفظه بعيداً عن الأكسجين . ومن حسن الحظ أن السم الذى يفرزه الميكروب ليس ثابتاً فهو يتحلل بتأثير إنزيمات تفرزها أحياء دقيقة أخرى كما أنه يتلف بالحرارة وهذا يعنى أن التسمم البوتيولينى لا يحدث إلا

بتوفر شروط معينة أولها : كون الظروف لا هوائية ، وثانيها : عدم وجود الأحياء الدقيقة الأخرى المتلفة للسم ، وثالثها : عدم إتلاف السم بالحرارة . وهذه الشروط تتوفر أحياناً فى الأغذية المحفوظة فى العلب المحكمة القفل .

وميكروب الكلوستريديوم بوتيولينم عضوى الشكل منجرثم موجب لجرام له القدرة على تحليل كل من البروتينات والكربوإيدرات . وعند تحلياه للسكريات ينتج حامض البيوتريك ذى الرائحة المميزة ، وقد يبدو الغذاء الفاسد وكأنه لم تتغير رائحته أو طعمه . ويعرف من هذا الميكروب خمسة أنواع هى EDCBA وأكثر حالات التسمم فى الإنسان سببها النوعان B,A وأحياناً E أما النوع D فيصيب الماشية فى القارة الإفريقية مسبباً المرض المعروف باسم lamziekte . وينتشر هذا الميكروب فى التربة فى جميع بقاع العالم .

وجراثيم الميكروب شديدة المقاومة للحرارة خصوصاً فى حالة الجفاف ، وتضعف هذه المقاومة فى وجود الأحماض وعند ارتفاع تركيز ملح الطعام من ٨ إلى ٢٠ فى المائة . وتزداد المقاومة للحرارة عندما يكون تركيز ملح الطعام حوالى $\frac{1}{2}$ إلى ١ فى المائة .

وأعراض التسمم ثابتة لجميع أفراد هذا الميكروب ، وينعدم الأثر السام بهلاك السم عند تسخينه على درجة ٨٠° مئوية لمدة بضع دقائق ، أو على درجة ٦٥° مئوية لمدة أطول . وفى حالة هضم السم فى المعدة قد تظهر على الإنسان بعض الأعراض قبل أن يظهر التأثير على الجهاز العصبى المركزى ، كأن يشعر المصاب بآلام فى البطن ويحدث القىء . وقد يصعب البلع ويزدوج الإبصار وتصاب العضلات بشلل ويصعب التنفس . وتحدث الوفاة فى حالات التسمم الشديد بعد حوالى ثلاثة إلى ستة أيام من بدء هضم السم ، وتكون الوفاة عادة بسبب تعذر التنفس . ويفيد للعلاج الحقن بحوالى ٥٠٠٠٠ وحدة من المصل antitoxin بشرط أن يكون ذلك مبكراً .

ويمكن التأكد من الإصابة بالتسمم البوتيولينى بعزل الميكروب وبتجربة تغذية حيوانات التجارب حيث تطحن عينة الغذاء السام فى هاون صينى مع الرمل والماء للحصول على مستخلص يعامل بالطرد المركزى بسرعة فائقة لمدة ١½ إلى ٢ ساعة ويحقن فى الحيوان بمعدل نصف ملليمتر للفأر الواحد . وفى حالة حقن حيوانات التجارب للوقاية من التسمم بالمصل antitoxin قبل حقنها بمستخلص المادة الغذائية فإن الحيوانات لا تصاب بالتسمم إلا إذا كان المصل الذى حقنت به خاصًا بأنواع معينة من الميكروب ومخالفاً لنوع الميكروب الذى احتواه مستخلص المادة الغذائية .

## التسمم بالميكروب العنقودى :

يحدث هذا التسمم بتأثير سموم يفرزها الميكروب العنقودى فى الغذاء قبل هضمه . وكثيراً ما يحدث هذا التسمم إلا أنه ليس خطيراً ، كما أن علاجه سريع ويحقق الشفاء التام . والميكروب المسبب لهذا التسمم منتشر بكثرة فى الحياة ، فكثيراً ما يوجد على جلد الإنسان وفى أنفه وحنجرته ، وتوجد سلالات عديدة من هذا الميكروب لا تفرز السم ولا تسبب التسمم .

ويتمو هذا الميكروب عادة فى شكل عنقودى ، لكنه قد يشاهد فى هيئة سلاسل قصيرة أو خليتين فقط . والميكروب موجب لجرام وغير متجرثم ، وهو يقاوم الحرارة بدرجة أكبر من أحياء أخرى غير متجرثمة عديدة كما أنه يتحمل ارتفاع نسبة ملح الطعام وارتفاع الحموضة . وقد تتحمل بعض السلالات التسخين لمدة عشر دقائق على درجة ٧٠° مئوية . ويتوقف مدى تحمل الميكروب للمعاملة الحرارية على تركيب البيئة والمعاملات السابقة التى تعرض لها الميكروب . ويتميز السم الذى يفرزه هذا الميكروب بتحمله للحرارة نسبيا ، وهو يتحمل القلوية أى pH ٨ إلى ٨,٢ لكنه لا يتحمل الحموضة .

وتظهر أعراض التسمم بسرعة خلال ثلاث إلى ست ساعات من تناول الغذاء الملوث . وتبدأ بتقلصات فى البطن وقىء ، وقد يشاهد الدم فى القىء

إذا كانت الإصابة شديدة . ولا تحدث الوفاة إلا نادراً . ويمكن الاختبار لوجود السم فى الغذاء بإجراء تجربة على حيوانات التجارب . وينصح دائماً للوقاية من هذا التسمم أن يحفظ الغذاء فى الثلاجات .

**التسمم بالسالمونيلا :**

بعض الميكروبات من مجموعة السالمونيلا Salmonella تسبب فساد الأغذية وتسمم الإنسان . وهذه المجموعة تشمل عدداً كبيراً من الأحياء الدقيقة التى يمكن تقسيمها إلى قسمين ؛ الأول يشمل الأحياء الدقيقة التى تسبب إصابة الإنسان بمرض شبيه بحمى التيفود ، والثانى يشمل الميكروبات التى يسبب إصابة الحيوان بمرض شبيه بحمى التيفود التى تصيب الإنسان . وهذا القسم الثانى قد يسبب القىء والمغص للإنسان أيضاً عندما يبتلع عدداً كبيراً من الأحياء الدقيقة . ومن السلالات المرضية المعروفة Salmonella enteritidis و Salmonella aertrycke . وتظهر أعراض التسمم بالسالمونيلا على الإنسان بعد ابتلاع الميكروبات بعدة ساعات أو عدة أيام . ولا يتم الشفاء بسرعة مقارناً بالتسمم بالميكروب العنقودى ولا تحدث الوفاة إلا نادراً .

وللوقاية من هذا التسمم يلزم حفظ اللحوم فى الثلاجات عقب الذبح مباشرة إلى أن يحين وقت الطهى . وتحاشى وجود القوارض فى مخازن المواد الغذائية ، وإبعاد الذباب عن الأغذية .

وهناك أحياء دقيقة أخرى عديدة تسبب للإنسان آلاماً معدية عند دخولها الجسم بأعداد كبيرة عن طريق الغذاء . مثل بعض أفراد مجموعات Proteus ، Escherichia ، Pseudomonas .

## البسائط الحيوانية والديدان الخيطية :

تحدث الاضطرابات المعوية فى الإنسان أحياناً بفعل الكائنات وحيدة الخلية Protozoa أو الديدان الشريطية nematodes أو Helminths . ومن هذه الأحياء المرضية المعروفة ما يلى :

| | |
|---|---|
| Giardia lamblica, | Entamoeba histolytica |
| Trichinella spiralis, | Chilomastix mesnili |
| Taenia saginata, | Trichomonas hominis |
| Trematoda, | Taenia solium |