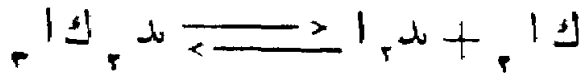


وتشمل هذه المجموعة انهدراز الكربونيك Carbonic anhydrase ، وهو انزيم تنفسى هام يساعد على تكوين وتحليل حمض الكربونيك .



وهو منتشر فى جسم الحيوان ، إلا أنه يوجد بكثرة فى كريات الدم الحمراء وهو بروتين محتو على الزنك .

هـ — امينازات ناقلة Transaminases ، وهى انزيمات تساعد على انتقال مجموعة الأمينو من بعض الأحماض الأمينية إلى الأحماض الألفا كيتونية . ويسود هذا التفاعل بين الأحماض الثنائية الكربوكسيل وتكون نتيجته $K^+ + H_2O$ أحماض كيتونية وأحماض أمينية .

الباب الرابع

الاحياء الدقيقة

وما تحدثه من تغيرات

تحدث الاحياء الدقيقة بنموها وتكاثرها فى المواد الغذائية عدة تغيرات فى تركيبها الكيماى . وهى فى نموها وتكاثرها تحلل الكثير من المواد العضوية بتأثير ما تفرزه من انزيمات متنوعة ، وهى تحلل هذه المركبات بغرض الحصول على الطاقة والغذاء اللازمين لبقائها ونموها . ولا شك أن الجزء الأكبر مما تحلله من هذه المركبات هو لصد حاجتها من الطاقة . وتحتوى المواد الغذائية نباتية كانت أو حيوانية على الكربوهيدرات والبروتينات والدهون والمواد المعدنية والفيتامينات . والاحياء الدقيقة فى ميلها إلى المركبات العضوية الثلاثة الأولى تفضل الكربوهيدرات

فالبروتينات ثم الليديدات ، بل أنها تفاضل بين بعض المركبات الكربوايدراتية وبعضها الآخر .

١ - - ففي السكريات تفاضل بينها بهذا الترتيب :

أحادية السكريا ، الارايدنوز والدكستروز والليفيلوز والمانونز ،
ثنائية السكريات ، المالتوز والسكروز ، ثم ثلاثية السكريات ، الرافينوز
والمليزيتوز . .

ب - الكحوليات - ثلاثية الايدروكسيل ، كالجليسرول ، فسداسية
الايدوكسيل ، كالسوزيتول والمانيتول . .

ج - مركبات مثل أحماض الطرطريك والسكسينيك والبنزويك
والكحوليات البسيطة كالايثايل والبروبايل والأحماض الدهنية مثل الخليك
والبرويونيك . ولما كانت الطاقة هي المعول عليه بالنسبة للأحياء الدقيقة
فإن قيمة المركبات العضوية بالنسبة لها بوصفها مصدرا غذائيا يعتمد
اعتمادا أساسيا على حرارة الاحتراق لهذا المركبات ، ولذلك كان أفضل ذرات
الكربون بالنسبة لها في المركب العضوى ما كان مرتبطا بالأيديروجين
في صورة كبد . وتقل قيمتها نوعا إذا كانت في صورة كبد ، ثم تقل
عن ذلك إذا كانت في صورة كبد ابد ، وتصبح عديمة القيمة إذا كانت في
صورة كالك ، ولذلك فإن ذرة الكربون في اليوريا وفي حمض
الاكساليك وفي مركبات السيانونوجين لا يمكن للبكتريا الاستفادة منها
باعتبارها مصدرا للكربون . وهناك بعض حالات يمكن فيها للبكتريا أن
تهاجم السكر والبروتينات معا . وعلى الرغم من أن هذه المقدرة المزدوجة
فإن عمليات انحلال البروتين تتعطل في وجود السكر ، فالكربوايدرات
تتماز بتأثيرها الواقى للبروتين Protein Sparing Action . وعلى ذلك

فإن نوع التغير الذى يطرأ على المواد الغذائية يختلف تبعاً لمقدار ما تحتويه من المواد العضوية عامة ومن الكربوايدرات أو الدهن أو البروتين خاصة، ويختلف التغير كذلك تبعاً لنوع هذه المواد .

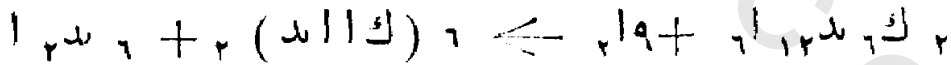
تأثير الأحياء الدقيقة فى المواد الكربوهيدراتية : تحدث الأحياء الدقيقة فى الأغذية الغنية فى السكر بوايدرات تخمر أسرع بالجزء القابل للذوبان منها خصوصاً السكريات .

١ — تخمر السكريات : يختلف نوع التخمر تبعاً لنوع الأحياء الدقيقة وظروف البيئة .

فى وجود الهواء يمكن للكثير من البكتريا ولعظم أنواع العفن وللقليل من الخماثر أن تحدث تأكسداً تاماً لسكر الدكستروز لتعطى ثانى أكسيد الكربون وماء .



وقد يكون التأكسد جزئياً وهو الأكثر شيوعاً، وكثيراً ما تستخدم هذه الخاصية صناعياً، فالعفن اسبرجيلس نيجر *Aspergillus Niger* ، مثلاً إذا وجد فى محلول سكرى فإنه يمكنه أن يخمر السكر إلى حمض اكساليك



إلا أنه إذا سمح للعفن بالاستمرار فى تأثيره فى البيئة فإنه يعود فيؤكسد الحمض الناتج إلى ثانى أكسيد كربون وماء .



وتستخدم هذه الخاصية لبعض أنواع العفن صناعياً كما فى تحضير حمض الستريك من تخمر السكر بفعل بعض سلالات من مجموعة اسبرجيلس

نيجر *Aspergillus niger* .

ك د ك ا ا د

$$2 \text{ ك } 6 \text{ د } 1, 2 \text{ ا } 1, 2 + 2 \text{ ا } 3 \leq 2 \text{ ك } (1 \text{ ا د}) \text{ ك ا ا د } 1 + 2 \text{ د } 2 \text{ ا } 1$$

ك د ك ا ا د

ومن الأمثلة الشائعة على هذه الأنواع من التخمر التخمر الخليكي للسوائل الكحولية كما يحدث في فساد النبيذ مثلا، وتأكسد حمض اللبكتيك بفصل الميكودرما الخ ..

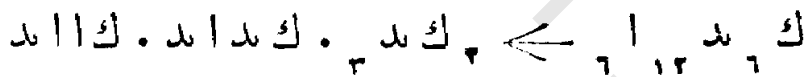
في الظروف غير الهوائية تحدث عدة تخمرات أخرى تختلف في نوعها وفي نتائجها تبعاً لنوع الأحياء الدقيقة المناسبة، ومن أهم هذه التخمرات ما يأتي:

١ - التخمر الكحولي - يحدث نتيجة لتخمر السكر بفعل الكثير من أنواع الخمائر الحقيقية والبرية وقد ينتج القليل من الكحول عن بعض أنواع البكتريا والعفن . والعمليات الحيوية التي تحدث أثناء التخمر الكحولي عمليات معقدة، إلا أن المعادلة الآتية يمكن أن تفسر تكون الناتج الإضافي الرئيسي



٢ - التخمر اللبكتيكي - يحدث نتيجة لتخمر السكر بفعل أنواع من البكتريا غير الهوائية، وهو من أهم أنواع التخمر التي تحدث في المواد الغذائية، والأحياء الدقيقة التي تسبب هذا النوع من التخمر منتشرة في الطبيعة، وتوجد على كافة مواد الغذاء مثل الخضروات والفاكهة واللحوم ومنتجات الألبان. ولهذه الأنواع من البكتريا القدرة على مقاومة الظروف المعاكسة، وفي نفس الوقت تصبح البيئة شديدة الحموضة إلى حد يمنع نمو الأحياء الدقيقة

الأخرى كالأنواع البروتيو ليتية ، ويستفاد من هذه الخاصة في صناعة المخللات التي يعزى حفظها إلى حمض اللكتيك المتكون ، فإذا كانت كمية السكر الموجودة أصلا في المادة الغذائية منخفضة جدا فلا يمكن حفظ المادة بواسطة التخمر ، وتصبح البيئة صالحة لنمو الأحياء البروتيو ليتية التي تحدث انحلالا بروتيو ليتيا Proteolytic في المادة فتؤدي إلى فسادها . وتمتاز بكتريا حمض اللكتيك عن باقي مجموعات البكتريا في أنها تحول السكريات إلى حمض لكتيك دون مركبات أخرى . وهناك من بين أفراد هذه المجموعة أوعا تلعب دورا هاما في عملية صناعة المخللات Pickling مثل لاکتوباسیلوکیو کومیرس *lactobacillus cucumeris* ، كما أن هناك منها ما يوجد في اللبن ومنتجاته مثل ستربتو کوکاس لا کتس *Streptococcus lactis* ولاکتوباسیلوس بولجاریکوس *L. bulgaricus* ولاکتوباسیلوس کیزای *L. casei* ، وعلى الرغم من أن العملية الحيوية التي تؤدي إلى تكوين حمض اللكتيك من السكر عملية معقدة إلا أنه يمكن للتبسيط التعبير عن هذا النوع من التخمر بالمعادلة الآتية



٣ -- تخمرات منتجة للغازات — وتشمل :

١ -- تخمر لاكتيكي غازي - ويكون مصحوبا بتكون غازات خاصة

ونواتج إضافية أخرى ، وهذا النوع من التخمرات شائع في فساد الأغذية ، وهو يحدث عن أنواع مختلفة من البكتريا ويعتبر هذا النوع من التخمرات من الأنواع غير المرغوبة . وأهم الغازات التي تنتج عن هذا التخمر هي ثاني أكسيد الكربون والهيدروجين . وتعتبر بكتريا القولون من الأنواع الشائعة في إحداث هذا النوع من التخمر الغازي إذا ما توفرت المواد المعدنية في الغذاء ، وأهم أفراد هذه المجموعة *Escherichia Coli* لايشيا كولاي

إلى تغيرات أخرى تؤدي إلى فسادها ، فبعض البكتريا التي يمكنها تمثيل النشا كمصدر للطاقة لا يقتصر مفعولها على إحداث انحلال مائي للنشا ، بل يتعدى ذلك إلى تحويل نواتج الانحلال إلى صمغ تحمي هذه البكتريا نفسها ضد الحموضة الناتجة .

تأثير الاحياء الدقيقة في البروتينات : تعتبر التغيرات التي تحدث لبروتينات المواد الغذائية نتيجة لتور الاحياء الدقيقة أسوء أثرا من تلك التي تحدث من انحلال السكر بوايدرات . والتغيرات التي تحدث للبروتينات تكون أكثر تعقدا مع تزايد نواتج الانحلال وتباينها ، ففي الأدوار الأولى للانحلال يحدث تجزء للبروتين إلى عديدة الببتيدات وبيتونات وأحماض أمينية ، ويتبع ذلك إنهدام الأحماض الأمينية أو تخمرها حيث تستطيع بعض الاحياء الدقيقة إزالة مجموعات السكر بوكسيل وتحويل هذه الأحماض إلى أمينات بعضها له أثر سمي ضعيف . وقد ساد الاعتقاد لسنين عديدة أن التسمم الغذائي يمكن حدوثه بفعل هذه الأمينات التي كان يطلق عليها إلى عهد قريب اسم « التومينات Ptomaines » . وعلى الرغم من أن احتواء المواد الغذائية على الأمينات المنفردة يعتبر دليلا على فسادها فقد أظهر البحث خطأ نظرية التسمم بالتومينات ، واندثر هذا الاصطلاح وأصبح استعماله دليلا على الجهل وقلة الدراية . وقد يحدث نتيجة لمهاجمة الاحياء الدقيقة للأحماض الأمينية انطلاق النشادر منها وإنفراد أحماض عضوية أو كحول أو ايدروكربونات . وقد تتخمر هذه بدورها فتنتج مركبات أبسط تركيبا مثل الأحماض العضوية البسيطة والكحولات وبعض الغازات مثل ثاني اكسيد الكربون والايروجين . ويطلق على عملية انطلاق الامونيا من الأحماض الأمينية ومركباتها اسم عملية النشدر Ammonification ، وقد يزيد نشاط هذه العملية في الأدوار الأخيرة من الانحلال البروتولي .

ويصحب عملية انحلال البروتينات Putrifaction عادة تكوّن مواد كريهة الرائحة مثل كبريتور الايدروجين مما لا يترك مجالاً للشك في حدوث تغير غير مرغوب في المادة الغذائية . ونواتج انحلال البروتينات تشمل مجموعة كبيرة من المركبات نذكر منها عديدة الببتيدات وبروتيازات وبيتونات وأحماض أمينية وأحماض اليقاتية وأحماض عطرية والدهيدات وكتونات ومركبات مخلفة تحتوى على الاندول والفينولات والمركبتانات وكبريتور الايدروجين وأمونيا وإيدروجين وثاني اكسيد الكربون وغاز الميثان .

التغيرات التي تطرأ على الدهون : على الرغم من أن الدهون تكون عادة أقل تعرضاً للانحلال بفعل الأحياء الدقيقة من الكربوايدرات والبروتينات إلا أن هناك حالات كثيرة تنحلل فيها الدهون . وتحتوى بعض أنواع هذه الأحياء الدقيقة على انزيمات محللة للدهون تؤدي إلى تكون أحماض دهنية وجليسول، وهذه قد يحدث لها تخمر بنفس الطريقة التي تحدث للكربوايدرات . وتعتبر الفطريات « العفن » أكثر مقدرة على إحداث هذا التأثير من البكتريا ، ولذلك فإن الأغذية التي يلاحظ نمو الفطريات عليها يكون من المتوقع انحلال الدهن فيها ، فإذا كان هذا الانحلال غير مرغوب فيه بالنسبة للمستهلك اعتبرت هذه الأغذية فاسدة . وقد يحدث الترنخ للدهون عن تأثير ميكروبي فيحدث انحلال في شطر الحامض الدهني للدهن مع إنتاج أحماض دهنية قصيرة السلسلة والدهيدات وكتونات وبيروكسيدات . ويصحب ذلك حدوث تغيرات في الرائحة والطعم تجعل الغذاء غير مرغوب . وتشمل نواتج انحلال الدهون أعراضاً دهنية وجليسول وأحماض اليقاتية والدهيدات وكتونات وكحولات وثاني أكسيد الكربون وإيدروجين وغاز الميثان .

تغيرات نشأت عن مركبات جديدة تكونها الأحياء الدقيقة بطرق تركيبية

بالإضافة إلى التغيرات الأساسية السابق ذكرها فإن الأحياء الدقيقة قد تحدث تغيرات أخرى تؤدي إلى فساد الأغذية . فبعض الأحياء الدقيقة لها القدرة على تكوين مركبات جديدة بطريقة تركيبية Synthetic يؤدي وجودها إلى تغيير غير مرغوب في النكهة والرائحة واللون بها . فالكثير من التغيرات التي تحدث لطعام منتجات اللبن تكون نتيجة مركبات تكونها البكتيريا نفسها ، وقد يكون من أثر نمو بعض الأحياء الدقيقة تكون مركبات ذات لون خاص يميز قد يكون أحمر أو أصفر أو أزرق الخ وكثيرا ما تكون هذه الألوان نتيجة لنمو بعض أنواع العفن في اللبن والجبن كذلك قد تكون بعض أنواع البكتيريا في داخل الغذاء التي تلوثه مواد سامة ، فيصبح في عداد المواد الفاسدة ، فمثلا بكتيريا النسمم المسماة كلرستيريديوم بوتشلاينم تكون توكسينا خاصا إذا وجدت في المواد الغذائية

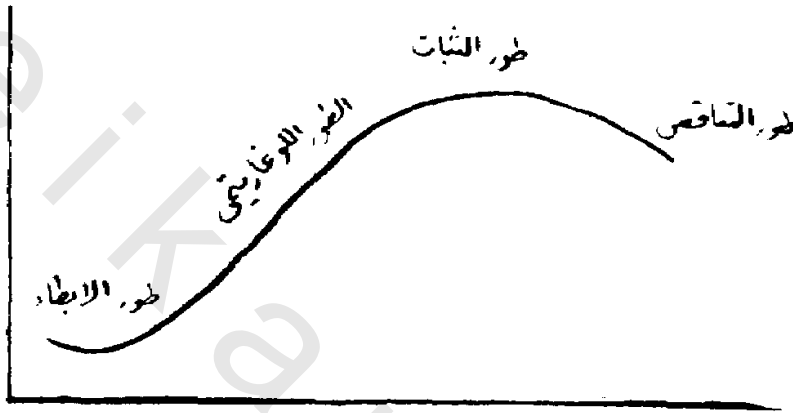
العوامل التي ترتبط بالفساد الميكروبي للأغذية : تختلف

ظروف الوسط التي تساعد على الفساد وتتداخل مع بعضها ، وعلى الرغم من أن كل عامل منها له أثره في فساد الغذاء إلا أنها تعمل جميعها مشتركة وأهم هذه العوامل هي :

١ - مدى التلوث الأولي : تتوقف سرعة فساد المواد الغذائية في

معظم الأحيان على مدى التلوث الأولي لها ، فالغذاء الذي يحتوي على عدد قليل من الميكروبات يمكن بقاءه دون فساد مدة أطول من الغذاء الذي زاد تلوثه . فمن المشاهد أن اللبن الذي يباع في السوق مثلا وهو يتعرض أثناء حليبه وإنتاجه ، وتسويقه إلى التلوث الزائد يتم تخثره بسرعة أكبر من اللبن النظيف الذي يراعى في إنتاجه كافة الاحتياطات لتقليل عدد

البكتريا فيه . ومعظم المواد الغذائية تتصل عن قرب أو عن بعد بالتربة التي تنتجها ، وهذه التربة تستقطب بالملايين من الاحياء . ويمكن تفسير علاقة مدى التلوث بسرعة الفساد إذا ما درسنا منحني النمو للبكتريا مثلا وهو الذي يظهر شكله العام في الرسم التالي .



وهذا الرسم يبين هذه العلاقة ، فإذا بدأنا بمادة غذائية تعرضت إلى التلوث بعدد من الاحياء الدقيقة فإن طور الابطاء وهو طور عدم التزايد تقتصر مدته كلما زاد عدد الاحياء الملوثة وتطول مدته كلما قل عددها ، أي أن المادة تبقى طويلا دون أن يتزايد عدد الاحياء فيها ، وبمعنى آخر تطول مدة حفظها . ويؤثر في طور الابطاء عوامل أخرى كثيرة منها قوة نشاط الميكروب أو سابق عهده ، فإذا كانت الاحياء التي تلوث المادة الغذائية قد انتقلت إليها من بيئة نامية نشطة قصر طور الابطاء ونشطت الاحياء بسرعة لاجداث الفساد في المادة الغذائية ويحدث نقيض ذلك إذا كان مصدر الميكروب بيئة خاملة أو غير نشطة ، وهذا يفسر خطورة مصادر التلوث النشطة في مصانع الاغذية حين تبقى بقايا المواد والمخاليل في الاواني أو في الشقوق أو بين أجزاء الآلات الخ وكذلك تؤثر عوامل الوسط المختلفة في طور الابطاء ، فدرجة حرارة البيئة عامل من العوامل الهامة سيأتي الكلام عنها تفصيلا . وتركيب البيئة ووجود الكيمايات الحافظة فيها

وكل ما يجعل البيئة أقل أو أكثر ملائمة لنمو الأحياء الدقيقة يؤثر في طور الإبطاء ، وبالتالي في سرعة فساد المادة أو في طول مدة حفظها .

٢ - نوع الميكروب الملوث : هناك تغيرات خاصة يتوقف حدوثها على تلوث المادة الغذائية بأنواع خاصة من الميكروبات مثل التلوث *Escherichia Coli* وهو يؤدي إلى تخمر لكتيكي غازي للبن ، بينما نلاحظ أن اللبن النظيف عندما يحمض لا يتكون فيه غاز وتسبب حموضته عن نمو *Bac. Mesentericus* ، كما أن تلوث الأغذية ببكتريا *Thermophilic* أثناء حفظها في العلب الصفيح أو قبل ذلك يؤدي إلى فسادها وتخمرها إذا ما خزنت على درجات حرارة مرتفعة نسبياً ، وقد يكون هذا الفساد مصحوباً أو غير مصحوب بانتفاخ ، كذلك قد يؤدي نوع الميكروب الملوث إلى جعل المادة الغذائية سامة إذا وجد سبيله إليها .

٣ - درجة الحرارة : تعتبر درجة الحرارة من العوامل الهامة في تشجيع الأحياء الدقيقة على النمو والتكاثر خصوصاً إذا وقعت هذه الدرجة في المجال الحراري الملائم مما يؤدي بالمادة الغذائية إلى الفساد ، ويقصر طور الإبطاء عادة عند درجة الحرارة المثلى لنمو الميكروبات وتطول مدته كلما ابتعدنا عن هذه الدرجة في أى الاتجاهين ، وكل ارتفاع في درجة الحرارة قدره ١٠ درجات مئوية ، يؤدي إلى زيادة سرعة التكاثر إلى الضعف تقريباً . وكلما ارتفعت درجة الحرارة المثلى لنمو الميكروب كلما كانت سرعة التكاثر أعلى نسبياً في تلك الدرجة ، فالبكتريا *Thermophilic* أسرع تكاثراً في درجة حرارتها المثلى من البكتريا *Cryophilic* في الدرجة المثلى لها ، وهذا ما يفسر أهمية تخزين المواد الغذائية في مواد التبريد . ويتوقف نوع الانحلال الذى يحدث للمادة الغذائية في درجة حرارة ما على نوع الميكروبات الغالبة وكذلك على تركيب المادة الغذائية ، وتعتبر درجات الحرارة فوق

٢٥° م مناسبة لنمو معظم أنواع الخمائر والعفن وكذلك البكتريا الميزوفيلية ، أما البكتريا الثرموفيلية ، المحبة للحرارة ، فإنها لا تستطيع أن تنمو في درجة حرارة الغرفة العادية ٢٠° - ٢٥° م ، وهي تحتاج في نموها إلى درجة حرارة مرتفعة نسبيا ، حوالي ٥٥° م ، أو أعلى . أما البكتريا الكاربوفيلية ، المحبة للبرودة ، فإنها تفضل في نموها درجات الحرارة المنخفضة ٢٠° م أو أقل ، ويمكنها أن تنمو في درجة الصفر . وعلى ذلك فاللبن إذا ما خزن على درجات الحرارة العادية يحمض دون أن يكتسب طعما أو رائحة غير مرغوبة ، أما إذا خزن على درجات منخفضة أقل من ٢٠° م ونشطت فيه الميكروبات الكاربوفيلية البرونيوليتية لأدى ذلك إلى تحلل البروتينات بدلا من الكاربوايدرات والسكر ، واكتسب اللبن طعما ورائحة كريهتين دون أن يحمض .

٤ - مدة التخزين : مدة التخزين هي المدة التي تحدّد مدى التغير الذي يطرأ على المادة الغذائية نتيجة لنمو الأحياء الدقيقة فيها وتكاثرها ، فكلما طالت مدة التخزين في درجات حرارة مثالية للتكاثر كلما أتيحت الفرصة لزيادة في المادة الغذائية نتيجة لزيادة عدد الميكروبات وزيادة نشاطها ، فعمليات التخمر التي تحدثها هذه الأحياء في المادة تحتاج لتمامها إلى المدة الكافية لانحلال السكر بوايدرات التي تحتويها ، ويقل أثر مدة التخزين تدريجيا كلما انخفضت درجة الحرارة إلى الحد الذي يضعف نشاط الميكروبات أو يوقفه تماما .

٥ - وجود الأكسجين : سبق أن أوضحنا أن وجود الأكسجين أو غيابه يعتبر عاملا هاما في فساد الأغذية ، وأن هناك أنواعا من الأحياء تكون هوائية إجباريا بينما البعض الآخر ينمو في غياب الهواء ، وقد فسرنا في كلامنا عن تخمر السكر بوايدرات أهمية الأكسجين في عمليات التخمر وأثره في نوع الميكروبات النامية وفي ناتجات التخمر ، وضررنا مثلا على

ذلك التخمر الخلى الذى يستخدم فيه الاكسجين فى أكسدة كحول الايثايل وتمتاز بكتريا حمض الخليك بامكانها النمو فى وجود نسب عالية من الكحول لا تسمح بنمو أنواع أخرى البكتريا . ويمكن توفر الاكسجين فى البيئة للأحياء الدقيقة الهوائية اجباريا أو اختياريا فى استخدامه بسهولة فى إطلاق الطاقة اللازمة لنموها وتكاثرها ، وفى هذه الظروف الهوائية تحدث البكتريا انحلالا للكثير من المركبات العضوية ، وتصبح البيئة أكثر صلاحية لنمو الأحياء غير الهوائية ، وهذه تحدث بدورها انحلالات فى المواد الغذائية تتباين نتائجها تباينا كبيرا . وأكثر حالات فساد الاغذية شيوعا تسبب عن انحلال البروتينات ، وفى هذه الحالة تتميز بمنتجات ذات رائحة كريهة وكثيرا ما يطلق على هذه العملية اسم « النتن » Putrifaction . والخائر رغم أنها توجد فى الطبيعة على السطوح الخارجية للكثير من الفاكهة إلا أن أغلبها غير هوائى اختياريا ، أما أنواع العفن فإنها هوائية تحتاج إلى الاكسجين .

٦ — ثانى أكسيد الكربون : على الرغم من الأدلة التى تؤيد تأثير نمو البكتريا بوجود ك_٢ الذى يحدث من نموها ونشاطها إلا أن الابحاث الحديثة تذهب إلى أن هذا الغاز ليس له بالذات تأثير سام على البكتريا ، ويمكن تفسير تأثيره بأحد عاملين ، فقد يرجع إلى خفض رقم pH للبيئة بزيادة حموضتها ، أو قد ينسب إلى إزالته للأكسجين وحلوله مكانه وبذلك يجعل الوسط غير ملائم للبكتريا الهوائية إجباريا وكذلك للفطريات . ويستفاد من هذه الخاصية الأخيرة فى مخازن التبريد الخاصة باللحوم حيث يطلق فيها ك_٢ بنسبة خاصة ليحميها من التلف بفعل هذه الميكروبات . وهناك أنواع من البكتريا لا تنمو إلا فى وجود ثانى أكسيد الكربون مثل مجموعة بروسيللا Brucella . كما أن الخائر تسبب الكثير من التلف الذى يحدث للياه الغازية ، الغازوزة ، رغم احتوائها على ثانى أكسيد الكربون

٧ — نسبة الرطوبة : تعتبر نسبة الرطوبة في المادة الغذائية من أهم العوامل التي ترتبط بفساد الأغذية خصوصا من الناحية الميكروبيولوجية. ويعتبر الماء ضروريا جدا لنمو البكتيريا والخمائر ، فعلاوة على أن هذه الأحياء تحصل على غذائها في حالة ذائبة ، فإن الكثير من عمليات الانحلال التي تحدثها هي نوع من عمليات الانحلال المائي التي يعتبر الماء جزءا منها. وتحتاج البكتيريا والخميرة إلى نسبة كبيرة من الرطوبة ، وليس هناك حد ثابت لمقدار الرطوبة الواجب توفرها في المادة الغذائية لوقايتها من الفساد إذ أن نسبة الرطوبة ترتبط بعوامل أخرى مثل حموضة البيئة ونسبة ما تحتويه من المركبات العضوية ومقدار الأملاح الموجودة بها ونوعها وغير ذلك من عوامل الوسط ، وفي وجود الأملاح يزيد الحد الأدنى للرطوبة الذي يسمح بنمو البكتيريا .

ومن المعروف أن الحبوب لا تتعرض للفساد البكتريولوجي إذا كانت نسبة الرطوبة فيها ١٥ ٪ أو أقل . واللحوم المقددة يقف نمو البكتيريا فيها إلى ما بين ١٨ و ٢٠ ٪ . والأغذية المجففة بصفة عامة لاخوف عليها من الفساد البكتريولوجي إذا كانت نسبة الرطوبة فيها بين ١٠ و ١٥ ٪ ، وإن كانت هذه النسبة من الرطوبة قد لا تكفي لحماية المادة الغذائية من أنواع أخرى من الفساد ، إذ أن هذه النسبة من الرطوبة تسمح بنشاط الانزيمات كما تسمح بحدوث عمليات تأكسد تؤدي إلى تلف المادة وسيأتي شرح هذا تفصيلا . أما العفن فيمكنه أن ينمو على مواد ثقيل في نسبة رطوبتها عن تلك التي تسمح بنمو البكتيريا ، وتعتبر أنواع الاسبرجيلس والبنيسليوم من أكثر الأنواع مقاومة لانخفاض الرطوبة ، فهو ينمو عند نسبة من الرطوبة بين ٢ ٪ و ٥ ٪ . وفي معظم الأحيان ينمو على المواد الجافة إذا ما كانت هناك رطوبة كافية في الهواء المحيط بتلك المواد ، ولذلك كان من الضروري لمنع

نمو العفن التحكم في رطوبة الهواء المحيط بالمادة الغذائية . ولما كانت رطوبة الهواء تقل بزيادة سرعته كانت عملية التهوية ضرورية لمنع نمو العفن وكان لابد كذلك من ضمان جفاف الهواء المحيط بالمواد الغذائية الجافة في وجودها داخل العبوات . ويجرى تخفيض الرطوبة في المادة الغذائية إما بالطرق الشائعة وهي إزالة الماء كما في عمليات التجفيف أو التركيز فتتخفض نسبة الماء فيها ، وإما بإضافة مواد لها كما في التليح أو بإضافة السكر .

٨ — الحموضة : يمكن للبكتريا بصفة عامة أن تنمو على درجات حموضة تختلف بين pH ٤.٥ و pH ١٠. والبكتريا السكروليتية Saccharolytic ، المحللة للسكر وايدرات ، تكون في العادة أكثر احتمالا للحموضة من البكتريا البروتيتية ، المحللة للبروتين ، فهذه الأخيرة لا يمكنها أن تنمو عند قيم pH أقل من ٥.٥ . ولا يقتصر تأثيرها على رقم pH بل إن نوع الحمض الموجود له أثر في نشاطها ، فعند قيم pH العالية يكون لوجود الأحماض العضوية مثل الستريك والخليك والبريونيك تأثير مشبط على الأحماض غير العضوية . ومن المشاهد أن أي تأثير يؤدي إلى تقليل مقدار الجزء المتأين من الحمض العضوي دون أن يؤثر في درجة تركيزه يجعل هذا الحمض أكثر سمية والعكس وبالعكس . وتختلف المواد الغذائية في درجة حموضتها فالفواكه الزيتون تختلف قيمة pH لها بين ٢.٥ و ٤.٥ تقريباً ، والخضراوات الطماطم تختلف قيم pH لها بين ٤.٩ و ٦.٣ ، أما اللحوم فيكون رقم pH لها حوالي ٧.٢ بعد الذبح ثم تتغير تدريجياً فتصبح بعد ٤٨ ساعة تقريباً حوالي ٥.٧ وتثبت عند pH ٦ تقريباً في خلال أسبوع . وتنشط الخمائر والعفن في وسط أكثر حموضة من الوسط المناسب للبكتريا . فالعفن والخمائر تنمو بنشاط في الفواكه وعصيرها ، pH بين ٣.٥ و ٥.٥ ، فنجد عصير الفاكهة يتخمر تخمراً كحولياً بفعل الخميرة ، كما نجد العفن ينمو

على الفاكهة ومربياتها . ولنوع الحمض . أثره في تحديد نوع العفن الذي ينمو
وأحماض المالك والطرطريك والستريك تشجع نمو العفن المسمى أو إسبورا
لاكتس *Oospora Lactis* . ومعظم أنواع البكتريا لا تنشط في البيئة الزائدة
الحموضة ولا يستثنى من ذلك غير أنواع قليلة أهمها بكتريا الخل
اسيتوباكترا سيتاى *Acetobacter Aceti* وبعض أنواع البكتريا التي تنمو
في النبيذ وتغير رقم pH للغذاء أو زيادة حموضته لا يقتصر تأثيرها
على نمو الميكروبات بل يؤثر أيضا على حساسيتها للحرارة وعلى نشاطها
البيولوجى بصفة عامة .

٥ - السكر : سبق أن أوضحنا أثر إحتواء المادة على السكر بويدرات
في نوع التغيرات التي تطرأ على المواد الغذائية . كما أوضحنا كيف
تفاضل الأحياء الدقيقة بين المركبات السكرى بويدراتية ، وبيننا علاقة السكر
بأنواع التخمر المختلفة التي تطرأ على المواد الغذائية . وعلاوة على ذلك فإن
درجات التربة العالية من السكر تؤثر في مقدرة الأحياء الدقيقة على النمو .
ولكى يمكن منع النمو الميكروبي لابد من استعمال محاليل سكرية ذات تركيز
عالية حوالى ١٥ ٪ أو أكثر ، ويستفاد من هذه الخاصية في حفظ المربيات
والجيلى واللبن المكثف المحلى ، بل إنه عند استعمال هذه الدرجات العالية
من التركيز يمكن لبعض سلالات الخمائر والفطر وبعض البكتريا المنتجة
للصمغ أن تنمو . وقد وجد أن المحاليل السكرية المتساوية في درجة التركيز
يزيد الضغط الاسموزى لها كلما صغر الوزن الجزيئى . وقد درس اريكسون
وفابيان سنة ١٩٤٣ *Erickson & Fabian* التأثير الحافظ للسكريات المختلفة
فوجدوا أنه من حيث تأثيرها بالنسبة للبكتريا يكون الفركتوز فالسكروز
فالسكروز فاللاكتوز أكثرها تأثيرا . وقد وجد تاركوفيلوزوليفين

Tarkow, Fellers, Levine أن الجلو كوزله أثر تثبيطي بالنسبة للخمائر والعفن من السكروز في نفس درجة التركيز . ومعنى هذا أن شراب الفاكهة الذى يحدث فيه تحول لجزء كبير من السكر ، السكروز ، المضاف يكون أقل تعرضا لنمو العفن منه لو لم يحدث هذا التحول .

١٠ — ملح الطعام من المعروف أنه كما أن للأحياء الدقيقة حساسيتها بالنسبة للحموضة فإن لها حساسية بالنسبة للأملاح ، وتختلف هذه الحساسية تبعاً لتركيز الملح ويعتبر ملح الطعام من أهم الأملاح التى تلعب دوراً هاماً فى حفظ الأغذية وإن كان تأثيره لا يزال غير معروف بالضبط ، ولا يمكن إرجاع السبب بأكمله إلى التأثير الاسموزى وحده فإن هناك أملاحاً أخرى خلاف ملح الطعام ليس لها نفس الأثر المثبط على نمو الأحياء الدقيقة حتى عند استعمالها فى درجات تركيز مرتفعة ، فهو من هذه الناحية ذو تأثير نوعى وتتوقف درجة تركيز الملح الضرورية لمنع نمو الأحياء الدقيقة على عدة عوامل تشمل نسبة الماء ونوع الميكروب والملوث ورقم pH والحرارة ومقدار البروتين فى البيئة وكذلك نوع المواد المثبطة الموجودة فى البيئة . وعند استعمال ملح الطعام فى درجات تركيز عالية يطول طور الإبطاء للبكتريا ، أما فى درجات التركيز المنخفضة فهو يشجع نموها . وتختلف أنواع الأحياء الدقيقة فى مدى تحملها للملح ، والبكتريا المرضية أكثر تأثراً بالمحاليل الملحية المركزة . وقد أثبت تانر وايفانز Tanner & Evans أنه فى الإمكان مثلاً منع نمو كلوستريديوم بوتولينم *Cl. botulinum* فى محاليل درجة تركيزها بين ٦,٥ و ١٢ ٪ تبعاً لنوع البيئة . أما الخميرة فيمكنها أن تنمو على درجات تركيز عالية خصوصاً الخميرة التى تكوّن الغشاء السطحي ، فقد أثبت مارك وبونار Mark & Bonar ، ١٩٣٩ ، إمكان نموها فى محاليل درجة تركيزها ٢٤ ٪ ملحاً . ومثل هذه الخمائر تنمو على سطح المحللات . وكذلك يمكن

لبعض أنواع العفن أن تنمو على مثل هذه الدرجات العالية من التركيز، ويقول تانر Tanner بإمكان نمو العفن في وجود نسب من الملح تزيد عن ٢٠٪ . ويلعب الملح دورا هاما في صناعة التخليل فهو يسمح بنمو وتكاثر بكتريا حمض اللاكتيك التي تحول السكر إلى حامض اللاكتيك وهذا بدوره يمنع نمو البكتريا البروتيو ليتية « المحللة للبروتين » ، والبكتريا البكتوليتية « المحللة للبكتين » .

١١ — احتواء البيئة على مواد منشطة للنمو : من المعروف أن أيونات

بعض المعادن مثل الصوديوم والبوتاسيوم والمغنسيوم والباريوم والرصاص والزنك إذا وجدت في البيئة بنسب ضئيلة فإنها تنشط الأحياء الدقيقة، وإذا ما زادت نسبتها في البيئة فإنها تؤدي إلى عكس النتيجة فتثبط النشاط . كذلك وجد أن بعض الأحماض الأمينية إذا وجدت في بيئة بعض أنواع البكتريا تؤدي إلى تنشيط نموها . وقد سبق أن أوضحنا الدور الهام الذي يلعبه ملح الطعام في الدرجات المنخفضة من التركيز . وقد ظهر للعلماء حديثا أن هناك مواد توجد طبيعيا في الأنسجة النباتية والحيوانية لها تأثير إضافي على النمو. ويطلق الآن على المواد اسم عوامل النمو الإضافية Accessory Growth Factors وهي مواد عضوية لو أضيفت بكميات ضئيلة إلى البيئة التي تحتوي على مصادر الكربون والنيتروجين والمواد المعدنية فإنها تساعد على نمو الميكروبات . وقد ظهر أن هذه المواد تتبع معقد فيتامين B₁₂ وللبعض أنواع البكتريا القدرة على تكوين هذه المواد بطريقة تركيبية والبعض الآخر خاو من هذه القدرة . وهذه البكتريا الأخيرة تحتاج إلى هذه الفيتامينات لكي تتم داخل خلاياها عمليات الأكسدة الحيوية . ويحتاج الكثير من بكتريا حمض اللاكتيك إلى تسبب فساد المواد الغذائية وكذلك بكتريا القولون Coli إلى هذه الفيتامينات ، وكذلك يمكن لبعض أنواع الخميرة أن تنمو في بيئات

خالية من هذه الفيتامينات وليس للبعض الآخر القدرة على تخمير الفيتامينات اللازمة له .

١٢ - احتواء البيئة على مواد مشبعة للنمو : هناك الكثير من المواد يؤدي وجودها في البيئة إلى تثبيط نشاط الاحياء الدقيقة أو إيقاف نموها أو هلاكها . وكثيرا ما تؤدي نواتج الانحلال التي تنتج عن نشاط بعض أنواع الاحياء الدقيقة خصوصا عندما يزيد تركيزها في البيئة إلى الإضرار بهذه الاحياء وتثبيط نموها وتكاثرها ، كما يحدث عند زيادة نسبة الحمض أو الكحول الناتج الخ ...

١ - الأملاح والأحماض : سبق أن أوضحنا تأثير ملح الطعام في درجات التركيز العالية ، كما ذكرنا أن زيادة تركيز أيونات بعض العناصر المعدنية يؤدي إلى تثبيط النشاط ، وكذلك يكون تأثير الأحماض العضوية إذا وجدت في المواد الغذائية مشبعا بالنسبة لبعض الاحياء الدقيقة . وبعض الأملاح المنتجة للاكسجين يؤدي وجودها في البيئة إلى تثبيط الاحياء غير الهوائية وتستخدم أملاح النترات والنترت معا في تمثيل اللحوم بنسبة ٢ ٪ أو أقل من الأولى ، و ٠.٢ ٪ أو أقل من الثانية ، وذلك لمنع البكتريا غير الهوائية من احداث النتن Putrifaction فيها .

ب - التوابل كذلك يؤدي وجود بعض التوابل في المواد الغذائية إلى تثبيط نشاط الاحياء الدقيقة فيها ، ويرجع هذا التأثير في معظم الحالات إلى الزيوت العطرية التي توجد في هذه المواد وهناك إتفاق في الرأي بين معظم الباحثين على أن القرنفل والقرفة والخردل يكون تأثيرها في الحفظ أكثر من غيرها من التوابل أو الأعشاب العطرية . وقد وجد أن الزيوت المتطايرة للخردل ذات تأثير في الحفظ أكبر من الزيوت العضوية المستخرجة من باقي التوابل . وقد توصل Plum & Fabien سنة ١٩٤٣ إلى ترتيب بعض المركبات

الكيميائية المسئولة عن الحفظ في هذه التوابل فوجد أن أشدها تأثيرا هما ايروثيوسيانات الألايل والكارفا كول Carvacol ثم يليها الدهيد السيناميك وخلات السيناميل Cinnamyl Acetate ثم اثير الاوجينول المثيلي Eygenol Methyl Ether واليوكاليبتول .

ح - المواد الكيميائية الحافظة : تؤدي المواد الحافظة الكيميائية Chemical Preservatives إذا أضيفت إلى المواد الغذائية إلى تثبيط نمو الاحياء الدقيقة منها . ويختلف تأثيرها تبعاً لنوع المادة ودرجة تركيزها ولأنواع الاحياء الملوثة . وأهم المواد الكيميائية الحافظة التي تستخدم في الصناعة هي حمض الكبريتوز وأملاح السلفيت وحمض البنزويك وأملاح البنزوات خصوصاً بنزوات الصوديوم التي تستخدم في عصير الفاكهة وشرابها والساليسيلات وحمض البريونيك وأملاح برويونات الصوديوم والكالسيوم التي تستخدم في صناعة الخبز لمنع نمو العفن الخ وسيأتى الكلام عن هذه المواد . وبعض هذه المواد يكون متطايراً على درجة حرارة الغرفة ، علاوة على إمكانه النفاذ إلى داخل العبوات والأكياس ، ومن أمثلة أكسيد الأيثيلين وأكسيد البروبلين وبروميد الميثايل .

الباب الخامس

الانزيمات التي تحتويها المادة الغذائية طبيعياً

وما تحدثه من تغيرات

لاشك أن فساد الأغذية بفعل الاحياء الدقيقة يعزى إلى تأثير الانزيمات التي تفرزها ، وقد سبق دراسة التغيرات التي تحدث عن نمو هذه الاحياء ، وعلى ذلك فسنتقصر في كلامنا هنا عن التغيرات التي تحدثها