

## الفساد الميكروبي في الأغذية

### Food spoilage by microorganisms

#### الفساد Spoilage

هو أي تغيير يطرأ على المادة الغذائية ويحولها إلى مادة غذائية غير مقبولة من قبل المستهلك. إذا تغيرت خواص الغذاء الطبيعية أو الكيماوية عن طبيعته المألوفة إلى تغيرات غير مقبولة في الشكل أو الطعم أو اللون أو الرائحة مما يجعل الغذاء غير مقبول من الناحية النفسية أو الصحية، والفساد يتحدد بأذواق الناس وعادات الشعوب المختلفة والأمثلة على ذلك مثل أكل المصريين السمك المملح المخلل (الفسيح) الذي يعتريه تعفن جزئي ورغم ذلك يكون مقبولاً ويستهلك لدى اليابانيين وتخمير عصير التفاح أو تخمر عصير العنب فهذه تعتبر فاسدة لتلك المجموعة من الناس التي ألفت أن تتناول هذه السوائل طازجة وليس الأمر كذلك بالنسبة للمجموعة التي اعتادت تناولها بعد تخمرها، كما أن هناك تغيرات تحدث في غذاء يعتبر عندها ذلك الغذاء فاسداً في حين لو حدثت هذه التغيرات في نوع آخر من الغذاء لا يعتبر فاسداً مثل حدوث التخمر اللاكتيكي في الألبان المتخمرة وتكوين حامض اللاكتيك يعتبر تغييراً مرغوباً والغذاء جيد في حين حدوث نفس التخمر في الحليب الخام يعتبر الأخير فاسداً. تحلل البروتين في اللحوم بفعل الأحياء المجهرية يعتبر فاسداً في حين تحلله في بعض أنواع الأجبان يعتبر عملية ضرورية لإنضاج الجبن و إعطائه نكهة مميزة

#### أسباب فساد الأغذية

كثير من الأسباب تؤدي إلى فساد الأغذية منها الخاص بالأحياء المجهرية ومنها ما ليس له علاقة بها وأهم هذه المسببات هي:

1. نمو ونشاط مختلف أنواع الميكروبات في الأغذية كالبكتريا والفطر والخميرة .
2. نشاط الأنزيمات الموجودة في المادة الغذائية النباتية أو الحيوانية.
3. التفاعلات الكيميائية التي تحدث في الغذاء بدون مشاركة الأنزيمات أو الميكروبات
4. التغيرات الفيزيائية التي تحدث في الأغذية نتيجة بعض المعاملات كالتجميد والتدخين والتجفيف واستخدام الضوء والإشعاع وغيرها.
5. مهاجمة الحشرات والطيور والقوارض والحيوانات الأخرى للغذاء والتي تسبب فسادها

## قابلية الأغذية للفساد

تختلف الأغذية فيما بينها بالنسبة لقابليتها للفساد وذلك تبعاً لتركيبها الكيميائي والفيزيائي و البيولوجي وتقسم الأغذية بالنسبة لهذه الصفة إلى ثلاثة أقسام:

### 1- مواد سريعة التلف Perishable food

وذلك لاحتواء الغذاء على نسبة عالية من الرطوبة وبالتالي على مواد صلبة قليلة مع توفر المواد الغذائية اللازمة لنشاط الأحياء الدقيقة. ومن أمثلة ذلك الخضر والفاكهة العصيرية كالطماطم والفراولة والأسماك واللحوم والألبان، ومدة حفظ هذا النوع من الأغذية قليلة جداً من بضعة ساعات إلى بضع أيام قليلة.

### 2- مواد بطيئة التلف أو قليلة لتعرض للتلف Semi perishable food:

وهي تحتوي على رطوبة أقل ويمكن حفظها لمدة أطول من السابقة وقد يكون لها قشور جلدية سميكة تحميها مثل التفاح والبطاطس والبرتقال ويمكن حفظها من عدة أسابيع إلى شهور قليلة بشرط أن تكون سليمة خالية من التهشم والتلوث الميكروبي.

### 3- مواد عديمة التلف Nonperishable food

وهي مواد يمكن تخزينها لمدة طويلة من عدة شهور إلى عدة سنوات باتباع وسائل التخزين المناسبة أي عدم التعرض للحشرات وعامل الحفظ هنا يرجع لقلة الرطوبة بها فيجعل الوسط جافاً فسيولوجياً بالنسبة للأحياء الدقيقة مثل الغلال والحبوب والعدس والحلبة والتمر الجاف

## العوامل المؤثرة على فساد الأغذية

تختلف الأغذية بقابليتها على الفساد ، وهناك عوامل كثيرة تحدد درجة ونوع الفساد فالفساد الميكروبي للأغذية يعتمد على عدد وأنواع الأحياء الدقيقة التي تلوث الغذاء ونشاط هذه الأحياء يعتمد على صفات الغذاء والظروف المحيطة به.

فهناك أغذية تنتج وتصنع وتسوق تحت شروط صحية رديئة مما يؤدي لتلوثها بأعداد كبيرة من الميكروبات التي تسبب فسادها ، في حين أن بعض الأغذية الأخرى تنتج وتحتوي على أعداد قليلة من الميكروبات ، وأعداد وأنواع الميكروبات تختلف من غذاء لآخر على حسب نوعه وصفاته وطريقة إنتاجه وتصنيعه وتخزينه وتسويقه هذا علاوة على بعض العوامل الأخرى مثل علاقة التضاد أو تبادل المنفعة بين الميكروبات بعضها البعض وأهم العوامل التي تؤثر على فساد الأغذية هي ما يلي:

## أولاً: التركيب الكيميائي للغذاء Chemical composition of food

لكي تنمو الميكروبات على الغذاء لابد من وجود المواد التالية لنموها:

1. مصدر للطاقة
2. مصدر للنيتروجين
3. الفيتامينات أو عوامل النمو
4. الأملاح

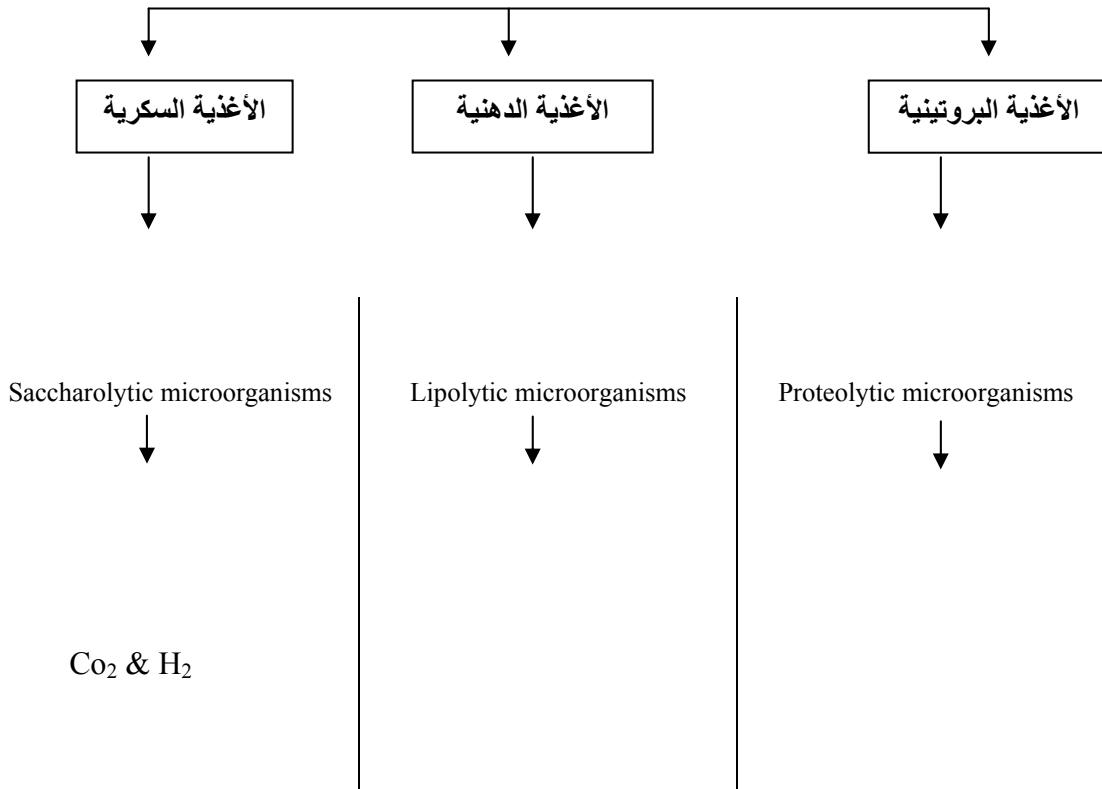
الفطريات تتطلب أقل ما يمكن من هذه الاحتياجات الغذائية تليها الخمائر ثم البكتيريا السالبة لجرام ويليهما البكتيريا الموجبة لجرام كمصدر للطاقة يمكن للميكروبات أن تستغل السكريات و الكجولات و الأحماض الأمينية كمصدر للطاقة وهناك القليل من الميكروبات التي تستطيع أن تقوم بتحليل الكربوهيدرات المعقدة كالنشا والسليولوز إلى سكريات بسيطة وتعملها كمصدر للطاقة.

تختلف الميكروبات فيما بينها من حيث قابليتها على تحليل هذه المواد فغالبية البكتيريا تحلل السكريات الأحادية و الثنائية في حين تحلل الكربوهيدرات المعقدة مثل النشا والبكتين والسليولوز يكون بأنواع محدودة من البكتيريا وأنواع كثيرة من الأعفان ولهذا عادة الفواكه والخضر تفسد عادة بفعل الفطريات كما أن معظم البكتيريا تنمو في تركيزات منخفضة من السكر بينما الفطريات والخمائر تنمو في أغذية ذات تراكيز عالية من السكر

الأغذية التي تحوى كمية قليلة من السكر لا يحدث عادة فيها تخمر وإنتاج أحماض بل أساساً يحدث فيها تحلل للبروتين كما في اللحوم. أما الأغذية التي بها كمية متوسطة من السكر مثل الحليب يحدث فيها تخمر وإنتاج حامض. الأغذية التي تحتوى على نسبة عالية من السكر غالباً ما يحدث فيها تخمر كحولي بواسطة الخمائر كعصير الفواكه. والأغذية التي بها سكر بدرجة كبيرة مثل الحليب المكثف المحلى أو الشراب المركز تنمو عليها الأعفان. وليس السكر فقط هو الذي يحدد نوع الميكروب النامي ولكن نوع الكربوهيدرات الموجودة بالغذاء فالميكروبات التي لا تستطيع استعمال سكر اللاكتوز لا تنمو في الحليب والتي لا تحلل السليولوز والبكتين لا تنمو في الفواكه ولا الخضر وهكذا. والدهون ممكن أن تستخدم بواسطة الميكروبات كمصدر للطاقة ولكن هذا المركب يهاجم بأنواع قليلة جداً من الميكروبات في الطعام فتحلل الدهون يجري تحت ظروف هوائية بواسطة بكتيريا أو فطريات تنتج أنزيم الليبيز وتتكون أحماض دهنية بعضها ذو رائحة كريهة مثل حمض البيوتريك وعندها يقال للأغذية الدهنية أو الزيتية بأنها زنخة.

البروتين والأحماض الأمينية يعتبران المصدر الأولي للنيتروجين والتي تقوم الميكروبات التي تحتوي على إنزيمات محللة للبروتين (Proteinases) بالاستفادة منه ، هناك أنواع أخرى وكثيرة من المركبات النيتروجينية التي تقوم بتحليلها أنواع متعددة من الميكروبات كمصدر للنيتروجين فمثلا بعض أنواع من الميكروبات تقوم بالانتفاع بالنucleotides والأحماض الأمينية الحرة بينما أنواع أخرى تقوم بتمثيل الببتيدات والبروتينات. وعامة لوحظ أن المركبات البروتينية البسيطة كالأحماض الأمينية تستغل ويقوم بتحليلها معظم الميكروبات قبل أي هجوم على المركبات المعقدة مثل البروتينات ذات الوزن الجزيئي المرتفع ، بروتين اللحم يتحلل تحت الظروف اللاهوائية ويؤدي ذلك إلى تكوين كبريتيد الهيدروجين والأمونيا ومركبات أخرى كريهة هذا ما يطلق عليه بتعفن اللحوم Putrefaction في حين تحت الظروف الهوائية تتكون بعض الأحماض بدون روائح . تحتاج البكتريا السالبة لجرام وجود فيتامين B حيث لا تستطيع أن تكونه بنفسها، أما البكتريا السالبة لجرام والفطريات فلهما القدرة على تكوين العوامل المساعدة للنمو والفيتامينات وعليه تتواجد هذه البكتريا والفطريات في الأغذية التي لا تحتوي على فيتامين B اللحم غنية بفيتامين B والفواكه بفيتامين C وبعض الخضراوات بفيتامين A. ( مخطط بيان فعل الأحياء الدقيقة في الأغذية .شكل(17).

### مخطط يبين فعل الأحياء الدقيقة في الأغذية



## ثانياً: درجة الحموضة " تركيز أيون الهيدروجين pH

معظم الميكروبات تنمو جيداً على درجة تركيز أيون هيدروجين 7 (6.6 - 7.5 pH) وقليل منها ينمو تحت رقم pH 4 والجدول التالي يبين درجة تركيز أيون الهيدروجين العظمى والصغرى لبعض الميكروبات (جدول 4).

الجدول (4) يبين درجة تركيز أيون الهيدروجين العظمى والصغرى لبعض الميكروبات.

درجة تركيز أيون الهيدروجين		الميكروب
الكبرى	الصغرى	
9.00	4.4	<i>E . coli</i>
8.00	4.5	<i>Sal . typhi</i>
00	4.8 -4.3	<i>St . Lactis</i>
7.2	4.4 -3.8	<i>Lactobacillus spp.</i>
11	2.0-1.5	<i>Molds</i>
8.5 -8	2.5	<i>Yeasts</i>

البكتيريا لا تنمو على مجال كبير من الـ pH وخصوصاً البكتيريا المرضية منها فلها pH ثابت لا تتعداه ولكن الخمائر والفطريات لها مجال أوسع.

الفاكهة والعصائر والشراب تقع تحت درجة pH أقل مما تنمو عليه البكتيريا وقدرة وقوة الحفظ الهائلة لهذه المواد تعتمد أساساً على درجة pH لها وعموماً تهاجم هذه المواد بواسطة الخمائر والفطريات التي تنمو على درجة pH منخفض أقل من 3.5 وتسبب فسادها وهذه الدرجة من الحموضة لا يحدث فيها تسمم غذائي..

اللحوم والأسماك ومنتجاتها لها درجة حموضة من 5.6 إلى أكثر وهذه مما تجعل احتمال فسادها بكتريولوجياً أكبر وكذلك فسادها بالفطريات والخمائر . والخضروات لها درجة حموضة أكبر أو أعلى من الفاكهة وعليه احتمال تلوثها وفسادها بالبكتيريا أكثر من الفطريات

ولقد قسمت الأغذية تبعاً لحموضتها إلى أربعة أقسام :

### 1- أغذية قليلة الحموضة Low acid foods

وهي الأغذية التي تكون فيها قيمة الـ pH أكثر من 5.3 مثل الحليب واللحوم والبيض والبسلة والفاكهة والفول

### 2- أغذية متوسطة الحموضة Medium acid foods

وهي الأغذية التي تكون فيها قيمة الـ pH ما بين 4.5, 5.3 مثل بعض الخضراوات كالسبانخ والقرع.

### 3- أغذية حامضية Acid foods

الأغذية التي تكون فيها قيمة الـ pH بين 4.5 , 3.7 مثل عصير الطماطم وعصير كثير من الفواكه.

### 4- أغذية عالية الحموضة High acid foods

وهي الأغذية التي تكون فيها قيمة الـ pH أقل من 3.1 مثل الخل والمخللات وعصير الليمون. وعموماً أغلب الأغذية التي يستهلكها الإنسان تكون قيمة الـ pH أقل من سبعة كما يتضح من الجدول التالي (جدول - 5).

جدول (5) يوضح العلاقة بين الغذاء ودرجة الـ pH.

الغذاء	درجة الحموضة
اللحوم	5 : 6.2
الأسماك	6.6 : 6.8
لحوم الدواجن	6.2 : 6.4
الحليب	6.3 : 6.5
الفاكهة والخضراوات	3 : 6.5

ونمو الأحياء الدقيقة في الأغذية قد يؤدي إلى زيادة حموضتها فمثلاً نمو بعض البكتيريا وتخميرها للسكريات يؤدي إلى زيادة حموضة الغذاء بسبب تكوينها الأحماض (الألبان المتخمرة) وهذه الحموضة

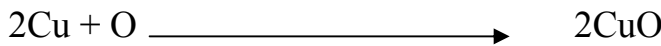
تقي الغذاء من الفساد ذلك لتثبيطها نمو البكتيريا المحللة للبروتين لكن في نفس الوقت تشجع نمو الأعفان الذي بدوره يقلل من حموضة الغذاء ويشجع نمو البكتيريا ولذلك أنواع الميكروبات الموجودة في الغذاء تؤثر على حموضته. كما أن بعض الأغذية لها قابلية جيدة في مقاومة تغيير رقم أيون الأيدروجين عن بعض الأغذية الأخرى وتسمى المواد الموجودة في تلك الأغذية بالمواد المنظمة Buffers والحليب يحتوي على مواد منظمة جيدة تسمح لنمو بكتيريا حامض اللاكتيك لفترة طويلة وهي في حالة تكوين الحامض قبل توقف نموها ، في حين عصير الخضر يحتوي على مواد منظمة ضعيفة ولهذا يحدث تغير في قيمة الـ pH بسرعة كبيرة بعد إنتاج كمية قليلة من الحامض بواسطة بكتيريا حامض اللاكتيك.

### ثالثاً: توفر الأكسجين ( جهد الأكسدة والاختزال ) Oxidation- Reduction Potential

من المعروف منذ سنين أن الميكروبات تظهر حساسيات مختلفة حول الأكسدة والاختزال في البيئة التي تنمو عليها. جهد الأكسدة والاختزال في المادة يعبر عنه بفقد أو اكتساب المادة للإلكترون فعند فقد معدن أو مركب إلكترون فتسمى المادة مؤكسدة وعند اكتساب المادة للإلكترون فتختزل.



والأكسدة تحدث أيضاً عند إضافة أكسجين كما في التفاعل



وعليه فالمادة التي تعطي إلكترونات فهي مادة مختزلة جيدة والتي تأخذ إلكترونات فهي مادة مؤكسدة. بينما ينتقل الإلكترون من مركب إلى آخر فهناك فرق في الجهد محسوس ما بين المادتين هذا الفرق يمكن حسابه بواسطة جهاز حساس جداً ويقاس بالميليفولت mv .

وكلما كانت المادة عالية التأكسد كلما كان الجهد الكهربائي موجبا وكلما كانت عالية الاختزال كلما كان الجهد الكهربائي سالباً وعندما يكون التأكسد والاختزال متساويان كان الجهد الكهربائي مساوياً للصفر وجهد الاختزال والأكسدة يعبر عنه بالمصطلح Eh فالميكروبات الهوائية يلزم لها (Eh) موجباً للنمو مثل جنس *Bacillus* بينما اللاهوائية فقيمة (Eh) لها سالباً مثل جنس *Clostridium* بعض البكتيريا الهوائية تنمو في ظروف مختزلة بسيطة وتسمى لذلك *Microaerophilic* مثل جنس *Lactobacillus* و *Streptococcus* هناك بعض البكتيريا لها القابلية على النمو في ظروف هوائية أو لا هوائية وعليه تسمى بالاختيارية *Facultative anaerobes* معظم الفطريات والخمائر التي

تنمو على الأغذية هوائية أو اختيارية وبالنظر في قيمة Eh في الأطعمة تجد الأطعمة النباتية وخصوصاً العصائر لها Eh يتراوح ما بين +300، +400 وعليه تنمو البكتريا الهوائية والفطريات والخمائر وتسبب فساده

كتل اللحم لها Eh حوالي -200 بينما اللحم المفروم له قيمة Eh +200

والجين من أنواع مختلفة لها Eh سالب يتراوح ما بين -20 و -200

### رابعاً: درجة الحرارة

تتعرض الأغذية للفساد عند درجة حرارة تتراوح ما بين 5 إلى 70 درجة مئوية، ودرجة حرارة الغذاء تحدد نوع وعدد ونشاط الميكروبات فيه وبالتالي تحدد نوع الفساد الذي سيحدث، وتقسّم الميكروبات إلى مجاميع حسب درجات الحرارة اللازمة لنموها ونشاطها كما في الجدول التالي (جدول - 6)

جدول ( 6 ) تقسيم الميكروبات على حسب درجة الحرارة اللازمة لنموها ونشاطها.

أمثلة	درجة حرارة النمو (درجة مئوية)			المجموع
	القصوى	المثلي	الدنيا	
<i>B. stearothermophilus</i> <i>Cl. thermosaccharolyticum</i>	70 85:	55 65:	45: 30	المحبة لدرجات الحرارة العالية إجبارياً Obligate thermopiles
<i>B. coagulans</i> <i>St. thermophilus</i> <i>Mic. lacticum</i>	50 58:	30 40:	25: 22	المحبة لدرجات الحرارة العالية اختيارياً Facultative thermophilus
<i>E. coli</i> <i>Staph. aureus</i> <i>B. subtilis</i>	35 48:	30 40:	15: 10	المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة (وسطية الحرارة) Mesophiles
<i>Pseudomonas</i> <i>Achromobacter</i>	20 22:	15 20:	5 أو أقل	المحبة لدرجات الحرارة المنخفضة إجباري Obligate psychrophiles
<i>Micrococcus</i> <i>Lactobacillus</i>	30 35:	25 30:	5 أو أقل	المحبة لدرجات الحرارة المنخفضة اختياري Facultative psychrophiles



فمنها ما ينمو على درجات حرارة عالية ومنها ما ينمو على درجات حرارة منخفضة فالخمائر والفطريات غالبيتها لا تنمو عند درجة أعلى من 35-37°م في حين تنمو في الأغذية المخزنة على درجة حرارة الغرفة أو في الثلاجة وتسبب فسادها فهي تفسد اللحوم والبيض والأجبان والفاكهة والخضر المبردة، أما البكتيريا فمنها ما ينمو في الأغذية المبردة والمخزنة في الثلاجة (4-10°م) ويفسدها خاصة البكتيريا المحبة للبرودة *Psychrophiles* مثل جنس *Pseudomonas* وجنس *Acromobacter* ومنها ما ينمو على درجة حرارة الغرفة (25-35°م) *Mesophiles* مثل غالبية البكتيريا المرضية وبكتيريا *E. Coli* & *St. lactis* في حين هناك بكتيريا محبة للحرارة العالية *Thermophiles* تنمو عند درجات الحرارة العالية مثل *Lact thermophilus*, *Bacillus stearothermophilus*, *Bacillus coagulans* , وغيرها حيث تفسد الأغذية في أشهر الصيف الحارة

#### خامساً: المستوى المائي أو الرطوبة Moisture content

من الطرق القديمة جداً في حفظ الأغذية هي التجفيف. وهذه الطريقة أساساً تعتمد على إزالة أو ربط الرطوبة (أي عدم وجودها على صورة حرة) بالدرجة التي لا تسمح بنمو الميكروبات على المادة الغذائية. والاصطلاح *Water activity* ويرمز له بالرمز  $a_w$  وهي تعبر عن مدى احتياج الميكروبات للمياه. وهذا العامل يطلق على معدل ضغط تبخر المياه في المادة الغذائية إلى معدل ضغط تبخر المياه العادية في نفس درجة الحرارة أي  $a_w = P/Po$  حيث  $P$  ضغط تبخر المحلول،  $Po$  ضغط تبخر المادة المذيبة وعادة هي المياه وهذه المعادلة تستخدم في استخراج الرطوبة النسبية *Relative humidity (RH)* كما يلي  $RH = 100 \times a_w$

فالنشاط المائي  $a_w$  لمعظم الأطعمة الطازجة يقع فوق 0.99.

معظم البكتيريا التي تسبب الفساد لا يمكن أن تنمو في معدل نشاط مائي  $a_w$  أقل من 0.91 بينما الفطريات يمكن أن تنمو في معدل 0.80 مع استثناء البكتيريا المسببة للتسمم مثل *Staphylococcus aureus* تنمو على  $a_w$  0.86 بينما *Clostridium botulinum* لا تنمو على أقل من 0.95

الفطريات والخمائر لها مدى واسع من النشاط المائي  $a_w$  كما هو الحال في درجة الحموضة أقل قوة للبكتيريا هي 0.75 للبكتيريا المحبة للملوحة *Halophilic* بينما الفطريات المحبة للجفاف *Xerophilic* والخمائر المحبة للضغط الأسموزي المرتفع *Osmophilic* تنمو على درجة نشاط مائي  $a_w$  0.65 , 0.60 على التوالي وهناك علاقة ما بين  $a_w$  ودرجة حرارة نمو الميكروبات وكذلك التغذية .

أولاً: تقل درجة النمو إذا ما قلت  $a_w$

ثانياً: وجود مواد غذائية ترفع من معدل الـ  $a_w$  للميكروب.

أي تغيير في درجة الحرارة , أو الغذاء يجعل الميكروب ينمو في معدل أقل من الـ  $a_w$

والجدول التالي (7) يبين النهاية العظمى للنشاط المائي  $a_w$  لأهم الميكروبات التي تنمو على الغذاء

النشاط المائي	الميكروب
0.91	<i>Spoilage bacteria</i> أغلب بكتريا الفساد
0.88	<i>Spoilage yeasts</i> أغلب خمائر الفساد
0.80	<i>Spoilage Molds</i> أغلب فطريات الفساد
0.75	<i>Halophilic bacteria</i> البكتريا المحبة للملوحة
0.65	<i>Xerophilic molds</i> الفطريات المحبة للجفاف
0.60	<i>Osmophilic yeasts</i> الخمائر المحبة للضغط الأسموزي المرتفع
0.96	<i>Achromobacter</i>
0.95	<i>Enterobacter aerogenes</i>
0.95	<i>Bacillus subtilis</i>
0.95	<i>Clostridium botulinum</i>
0.96	<i>E. coli</i>
0.97	<i>Pseudomonas</i>
0.86	<i>Staphylococcus aureus</i>
0.62	<i>Saccharomyces rouxii</i>

سادساً: اجتناء الغذاء على مواد مثبطة Inhibitors

تحتوي بعض الأغذية على مواد مثبطة Inhibitors لنمو الميكروبات وتصل هذه المواد إلى الغذاء

من عدة مصادر منها :

1- مواد مثبطة تتواجد طبيعياً في بعض الأغذية مثل الـ Benzoic acid يوجد في نبات التوت البري، واحتواء البيض على الليسوزوم Lysozym والحليب على اللاكتينين Lactenins التي توقف نشاط

بكتريا القولون والبكتريا الأخرى . والقرفة تحتوي على مادة طيارة Cinnimic aldehyde أما القرنفل فيحتوي على مادة Eugeno والمادتان لهما مفعول تثبيط الميكروبات Antimicrobial

2- تكون بعض المواد المثبطة نتيجة نمو الميكروبات في الأغذية فنشاط نوع الأحياء الدقيقة يؤدي إلى تكوين مواد تثبط نمو ميكروب آخر مثل إنتاج المضادات الحيوية من قبل الأعفان ، وتتكون أحماض وكحولات فمثلاً تكوين حامض البروبيونيك في الجبن السويسري من قبل بكتريا *Propionibacterium* يوقف نشاط الأعفان فيه وتكوين بعض الكحول في الشراب بواسطة الخمائر يوقف نمو الميكروبات الأخرى ، وتكوين المضاد الحيوي النيزين Nisin بواسطة *St. Lactis* في الحليب يمنع نمو الـ *Clostridium* والـ *Staphylococcus* وغيرها وتكوين حمض اللاكتيك يمنع أو يوقف نشاط البكتريا المحللة للبروتين وهكذا.

3- تصل بعض المواد المثبطة إلى الأغذية من أجل حفظها فتضاف بروبيونات وحمض السوربيك Sorbic acid إلى الخبز لمنع الأعفان المفسدة له من النمو. وكثير من المواد الحافظة تضاف لمختلف الأغذية من أجل تثبيط نمو الأحياء الدقيقة المفسدة لها.

4- تصل بعض المواد المثبطة إلى الغذاء بالصدفة نتيجة غسل الأواني وأدوات تصنيع الغذاء بالمنظفات والمواد الكيميائية وعدم إزالتها جيداً بالماء أو استعمال مبيدات حشرية في مصانع الأغذية واستعمال المضادات الحيوية لمعالجة الحيوانات المرضية والمبيدات لمكافحة الأمراض النباتية فلقد وجد أن أجزاء من هذه المواد يصل إلى الأغذية وبالرغم من أنها توقف نشاط البكتريا المفسدة في الأغذية إلا أن فيها ضرراً كبيراً على صحة الإنسان ولذا يجب العناية والحيطة في هذه الأمور .

### سابعاً: البناء البيولوجي للمادة الغذائية Biological structure

الغطاء الطبيعي لبعض الأغذية يحميها حماية ممتازة ضد دخول ميكروبات الفساد وذلك مثل غلاف الحبة في الحبوب والقشرة في الفاكهة والنقل وجلد الحيوان وقشرة البيض في حالة النقل مثل البيكان والجوز فإن القشرة تمنع دخول كل الميكروبات وإذا جرحت أو خدشت فإن لحم النقل مادة جيدة للتلف بواسطة الفطريات.

القشرة الخارجية للبيض وكذلك الغشاء الرقيق الملاصق لها يحافظان عن دخول كل الميكروبات إلى داخل البيضة إذا ما حفظت البيضة على درجة حرارة ورطوبة مناسبتين والخضروات والفاكهة ذات القشرة أو الغطاء المقطوع أو المخدوش يتعرضان للتلف بسرعة أكثر من تلك التي قشرتها أو غطاؤها سليم.

الجلد الموجود على اللحم و الأسماك يحافظان عليهما من التلف وصناعياً تضاف طبقات واقية إلى بعض الأغذية لحفظها من الفساد. كإضافة طبقة من الشمع أو البلاستيك إلى التفاح والبرتقال.

### ثامناً: بعض المعاملات التي تجرى على الأغذية Food treatments

تجرى بعض المعاملات على الأغذية تغير من خصائصها الفيزيائية والكيميائية وبذلك تؤثر على نمو الميكروبات فيها . فتجميد الأغذية يوقف نشاط كثير من الميكروبات المفسدة له وكذلك التدخين واستعمال الأشعة . أما المعاملة الحرارية للغذاء بالرغم من قضاؤها على كثير من الأحياء الدقيقة إلا أنها تغير في التركيب الكيميائي للغذاء فتجعل المركبات المعقدة سهلة الاستغلال من قبل الميكروبات فهي تعمل على تقطيع الأنسجة وتحرير الماء وتسهيل دخول الأكسجين إلى الغذاء وتحلل كثيراً من الميكروبات الكيميائية وتغير من صفات البروتين (Protein denaturation) وتتكون محاليل غروية في الغذاء كل هذه التغيرات تسهل عمل الميكروبات، ولهذا الطعام المطبوخ يكون أسرع فساداً من الطعام الطازج زيادة على أن الحرارة تبيد كثيراً من الميكروبات التي قد تنافس الأخرى المفسدة للأغذية

أجب عن الأسئلة التالية:

1. عدد أهم العوامل التي تؤثر على فساد الأغذية ؟
2. ارسم مخططاً يبين فعل الأحياء الدقيقة في الأغذية ؟
3. قسم الأغذية تبعاً لحموضتها ؟
4. ما هو المقصود بجهد الأكسدة والاختزال في المادة ؟
5. ما هو الجهد الكهربائي للمادة عالية التأكسد ؟
6. ما هو الجهد الكهربائي للمادة عالية الاختزال ؟
7. ما هو المقصود بـ Eh موجب و Eh سالب ؟
8. قسم الميكروبات إلى مجاميع حسب درجات الحرارة اللازمة لنموها ونشاطها ؟
9. ما هو المقصود بالمصطلح  $a_w$  ؟
10. اكتب معادلة الرطوبة النسبية وعلاقتها بمعدل النشاط المائي ؟
11. ما هي المواد المثبطة الطبيعية في الأغذية ؟
12. ما هي المواد المثبطة التي تنتجها الميكروبات في الأغذية ؟
13. ما هي المواد المثبطة التي تصل إلى أو تضاف إلى الأغذية ؟
14. كيف يعمل البناء البيولوجي على عدم فساد الأغذية ؟
15. ما هي المعاملات التي تجرى على الأغذية وتؤثر على نمو الميكروبات ؟