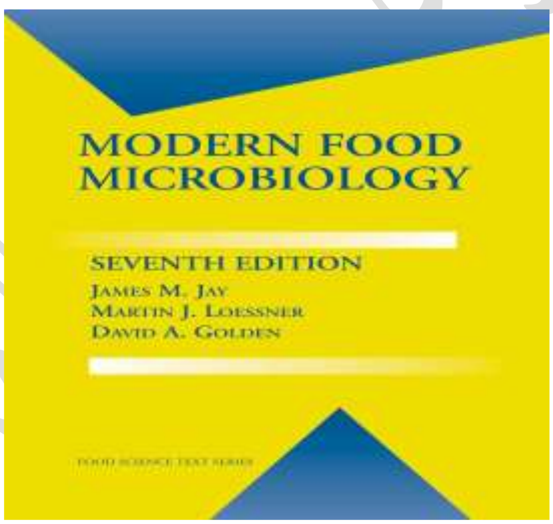
مراجعة محاضرات مبادئ علم الاحياء المجهرية للصف الثاني

المصادر الأساسية:



المصادر الداعمة :

احياء الاغذية المجهرية Food Microbiology

اهمية احياء الاغذية المجهرية

اهمية الاحياء المجهرية للاغذية ذات وجهين ، فهي من جهة تعتبر ذات فائدة كبيرة في تصنيع منتجات الاغذية ومن جهة اخرى تعتبر مسؤولة عن تلف الاغذية مما يسبب خسارة من الناحية الاقتصادية او قد تسبب امراضا خطيرة للمستهلكين . ومن الناحية المفيدة فقد استغل الانسان بعض الاحياء المجهرية اذ عزلت ونقيت واستخدمها في مجال تصنيع الاغذية مثل استخدام بعض انواع البكتريا في انتاج الالبان المتخمرة والزبد والكريم والاجبان وكذلك المخللات ، كما سخرت الاحياء المجهرية في مجال التقنية الحيوية لغرض انتاج بعض الفيتامينات Vitamins والانزيمات Enzymes والاحماض العضوية Organic acids ، ولا ننسى ان للفطريات اهمية في ذلك فقد استخدمت الخمائر في انتاج الخبز وبعض مركبات النكهة والاعفان في انتاج الانزيمات المهمة في التصنيع الغذائي كانزيم الاميليز Amylase والانزيم المحول Invertase كما قد تدخل الاعفان في انتاج بعض بعض انواع الاجبان وكذلك المضادات الحيوية ، وقد سخرت مجموعة من الاحياء المجهرية للفائدة الصحية للانسان كاحياء علاجية Probiotics التي لها دور تحسين صحة الانسان وزيادة مناعته ضد الامراض .

الاضرار التي قد تسببها الاحياء المجرية هي كثيرة فقد تسبب ضررا اقتصاديا او صحيا للمستهلك فالاول مثل تلف المنتجات الغذائية كتكون نكهات غير مرغوبة او تغير في اللون او القوام او تلف مكونات الغذاء مما يؤثر في تقبل المستهلك للمنتوج اما الضرر الثاني (الصحي) فقد ينتج من بعض الاحياء المجهرية مركبات سامة ضارة بصحة الانسان او ان يكون الغذاء ناقلا للاحياء المجهرية الممرضة (اذ يكون الغذاء بيئة ملائمة لنقل وتكاثر بعض انواع الاحياء المجهرية المرضية) مثل بكتريا الكوليرا *Vibrio cholera* والتيفوئيد *Salmonella typhi* و *Sal. paratyphi* وغيرها من انواع الاحياء المجهرية التي تسبب التسمم للانسان . وفيما يلي بعض اجناس الاحياء المجهرية التي لها علاقة بالاغذية :

1- البكتريا : *Acetobacter, Achromobacter, Halobacterium, Pseudomonas, Escherichia, Enterobacter, Erwinia, Serratia, Proteus, Micrococcus, Salmonella, Shigella, Staphylococcus, Streptococcus, Leuconostoc, Lactobacillus, Bacillus* and *Clostridium* .

2- الاعفان Molds : *Alternaria, Aspergillus, Mucor, Cladosporium, Monilia, Geotricum, Fussarium, Rhizobium, Trichothecium, Penicillium* .

3- الخمائر Yeasts : *Brettanomyces, Debaromyces, Mycoderma, Candida, Saccharomyces, Zygosaccharomyces, Schizosaccharomyces* والتي تسمى بخميرة التريولا Torula .

4- الابتدائيات Protozoa : للانواع *Toxoplasma gonidii, Giardia lamblia, Entamoeba histolytica* .

5- الفايروسات Viruses : Hepatitis A .

مصادر تلوث الاغذية Food Contamination Sources

بصورة طبيعية فان مصادر الاغذية بشكلها الطبيعي سواء كان مصدرها النبات او الحيوان تكون خالية من الاحياء المجهرية ولو كانت تحتوي عليها لظهرت عليها علامات مرضية وهذا فيما يخص الانسجة العميقة البعيدة عن السطح الخارجي ، الا ان سطح الاغذية قد يحمل انواعا من الاحياء المجهرية القادمة من مصادر خارجية وان وجد ذلك فيسمى بالتلوث ، وللتلوث مصادر مختلفة منها الانسان والنبات والحيوان والتربة والماء والهواء ، كما ان الاغذية تتعرض للتلوث عند تداولها وتصنيعها وتسويقها .

اولا: المصادر الطبيعية لتلوث الاغذية Natural Sources for Food Contamination

1- التلوث من النباتات

النباتات يوجد على اسطحها العديد من الاحياء المجهرية بصورة طبيعية وتختلف انواعها واعدادها من نبات الى اخر ، ومن اهم الاجناس التي تتواجد على سطح النباتات هي *Micrococcus, Lactobacillus, Streptococcus, Flavobacterium, Pseudomonas, Achromobacter, Alcaligenes* كما تتواجد ايضا بكتريا القولون وانواع اخرى يكون مصدرها التربة والاسمدة .

2- التلوث من الحيوانات

جميع الاحياء المجهرية التي قد تكون موجودة في التربة والمياه وغذاء الحيوان وفضلاته والغبار المحيط بالحضائر قد تكون موجودة على جلده ومن جلده قد تنتشر مرة اخرى الى الهواء او على ايدي العاملين وملابسهم ثم الى الاغذية المنتجة منها (حليب ، لحوم) ، فقد تجد هذه الاحياء المجهرية طريقا لها لتنتقل الى اللحم عن طريق السلخ وهناك العديد من الاحياء المجهرية المرضية قد تنتقل من الحيوان الى الانسان من خلال البانها او لحومها او بياضها ومن انواع البكتريا التي تتواجد عادة على اسطح الحيوانات هي *Micrococcus, Pseudomonas, Flavobacterium, Achromobacter, Aerobacter, Staphylococcus, Escherichia, Clostridium and Streptococcus* .

3- التلوث من مياه المجاري

مياه المجاري تحتوي على اعداد هائلة من الاحياء المجهرية اذ تتراوح ما بين 0.5 – 20 مليون خلية في الملتر الواحد فتحتوي على بكتريا مرضية وفطريات وفيروسات وهذه المياه اذا ما لامست الاغذية فستلوثها وخاصة عند استخدام هذه المياه في السقي وفي تسميد التربة او عند تفريغها في مجرى النهر فتسبب تلوث الاسماك والحيوانات والنباتات . ومن اهم الاجناس المتواجدة في مياه المجاري *Bacillus, Shigella, Aerobacter, Proteus, Lactobacillus, Pseudomonas, Staphylococcus, Micrococcus, Salmonella, Escherichia, Clostridium* وبعض انواع الابتدائيات والفايروسات والخمائر والاعفان .

4- التلوث من التربة

التربة من اهم مصادر تلوث الاغذية خاصة التربة المسمدة بالاسمدة العضوية والفضلات الحيوانية وذلك لتوفر الظروف الملائمة لنمو ونشاط الاحياء المجهرية ، فالاحياء المجهرية التي موطنها التربة تلوث النباتات والحيوانات والعاملين واهم هذه الاجناس *Bacillus, Escherichia, Actinomyces, Clostridium, Aerobacter, Micrococcus, Achromobacter, Streptococcus, Proteus, Pseudomonas* .

5- التلوث من المياه

المياه نوعان مياه سطحية كمياه الانهار والبحيرات والبحار ومياه جوفية كمياه الابار ، تحتوي المياه السطحية على اعداد من الاحياء المجهرية اكثر من مياه الجوفية ومياه الانهار اكثر من مياه البحار (لاحتوائها على نسبة عالية من الاملاح والذي بدوره يعيق نمو الاحياء المجهرية) ومياه البحيرات اكثر من مياه الانهار الجارية وبالتالي فان مياه الترع والبرك تكون ذات محتوى مكروبي اعلى من مياه البحيرات . ومن اجناس

الاحياء المجهرية المنتشرة في المياه *Vibrio, Proteus, Pseudomonas, Micrococcus,* *Aerobacter, Bacillus, Achromobacter, Escherichia* وغيرها ، الماء المستعمل في التصنيع الغذائي يجب ان يكون صالحا للشرب خاليا من المكروبات المرضية والمواد السامة عديم اللون والطعم والرائحة .

فالماء مصدر مهم لتلوث الاغذية فغالبا ما تصل بكتريا القولون الى الحليب عن طريق خزانات ماء التبريد كما ان الاغذية المعلبة اثناء تبريدها بالماء قد تتلوث بالاحياء المجهرية نتيجة وجود التنفيس في العلبة وعدم دقة لحام غطائها ، لذا عند تاسيس اي معمل للاغذية يجب اولا تصميم وحدة خاصة به لمعالجة المياه لتقليل حملتها المكروبية قبل ادخال الماء في العمليات التصنيعية .

6- التلوث من الهواء

الهواء يحتوي على احياء مجهرية كثيرة توجد عالقة بذرات الغبار ومن اهما الاحياء المجهرية المرضية وسبورات الاعفان والبكتريا والخمائر ، وتاتي هذه الاحياء من الكنس او من الناس اثناء العطاس والتنفس ويتاثر المحتوى المكروبي للهواء باشعة الشمس والرياح والرطوبة وكمية الغبار وموقع الهواء بالنسبة لقربه من مصادر التلوث ، وتستخدم مصانع الاغذية طرقا مختلفة لمعاملة الهواء قبل دخوله الى جو المصانع مثل الترشيح والمعاملات الكيميائية والحرارة والاشعاع واكثرها شيوعا استخدام مرشحات الهواء وبعض المعامل تستخدم مصابيح الاشعة فوق البنفسجية UV لتعقيم هواء المصنع . يفضل استخدام مكيفات الهواء بدلا من المبردات في المصانع لانها تسمح بدخول الهواء الملوث .

ثانيا : تلوث الاغذية في اثناء التداول والتصنيع

المواد الغذائية المختلفة تحمل اعدادا من الاحياء المجهرية من مصادرها الطبيعية واثناء جنيها وتجميعها ونقلها وتصنيعها وتسويقها تضاف اليها اعداد اخرى من الاحياء المجهرية التي قد تسبب تلفها وفسادها او تجلب الامراض للمستهلكين ، فالاغذية النباتية كالحبوب والخضر والفواكه تتلوث من قبل العمال والسلال والصناديق التي توضع فيها ومن عربات النقل والادوات التي تستعمل في تصنيعها ولهذا يجب اجراء بعض المعاملات لتقليل المحتوى المكروبي كالتبريد اثناء النقل والغسل بمحاليل مطهرة وفرز الاجزاء التالفة والفاسدة والتخلص منها . كما يجب عدم تعريض الثمار للتلف الميكانيكي الذي يزيد من احتمال دخول الاحياء المجهرية

اليها وافسادها ، وفي المصنع فالسكاكين والمناضد والماء المستخدم في الغسل والاكياس والعاملون في الدكاكين وادوات الوزن والارضيات كلها مصادر للتلوث .

اما اللحوم ومنتجاتها فان التلوث ياتي اليها في اثناء الذبح والسلخ والتقطيع وازالة الامعاء ومن ايدي العاملين والسكاكين وارضية المسلخ وماء غسل اللحم وعربات نقل اللحوم والتعليق والعرض والموازين والهواء ومنضدة التقطيع ومفارم اللحم والاكياس كلها تساهم في تلوث اللحوم .

اما الحليب ومنتجاته فان مصادر تلوثها تبدا من الة الحلب او ايدي الحلابين ومن جلد الحيوان نفسه واواني جمع الحليب وارضية الحضيرة والحشرات والذباب والهواء والبائع كلها مصادر لتلوثه .

طارق زيد ابراهيم استاذ المادة

العوامل المؤثرة في نمو الحياء المجهرية في الاغذية

تقسم العوامل التي تؤثر في نمو الاحياء المجهرية في الاغذية الى قسمين اساسيين هما :

اولا: عوامل داخلية في الاغذية نفسها Intrinsic Parameters

تشمل : 1- الاس او الرقم الهيدروجيني pH ، 2- المحتوى الرطوبي Moisture Content ، 3- محتوى الاوكسجين او جهد الاكسدة والاختزال Oxidation-Reduction Potential ، 4- محتوى المغذيات Nutrient Content ، 5- تواجد المضادات المكروبية Antimicrobial Contents ، 6- التركيب الحيوي Biological structure

ثانيا: العوامل الخارجية Extrinsic Parameters

وتشمل : 1- درجة حرارة الخزن ، 2- المحتوى الرطوبي للوسط المحيط بالغذاء ، 3- وجود وتركيز الغازات ، 4- وجود وفعالية الاحياء المجهرية الاخرى اذا كانت موجودة .

اولا : العوامل الداخلية في الاغذية

1- الاس الهيدروجيني pH : معظم المكروبات تنمو جيدا في اس هيدروجيني متعادل (6.6 – 7.5) وقليل منها ينمو في ظروف حامضية باس هيدروجيني 4 او اقل والجدول التالي يبين مدى الاس الهيدروجيني الذي تنمو فيه مجموعة من الاحياء المجهرية

الكائن المجهري	pH الادنى	pH الاعلى
E. coli	4.4	9.0
Salmonella typhi	4.5	8.0
Streptococcus lactis	4.8-4.3	7.0
Lactobacillus spp.	4.4 -3.8	7.2
Molds	2.0 -1.5	11
Yeasts	2.5	8.5 -8

والبكتريا المرضية بصورة عامة لا تنمو في مدى واسع من الاس الهيدروجيني فلها اس هيدروجيني ثابت لا تتعداه ولكن الخمائر والاعفان لها القدرة على النمو في مدى واسع من الاس الهيدروجيني .

ومن جهة اخرى فان الاغذية تختلف في درجة حموضتها فالفواكه والعصائر ذات حموضة عالية (اس هيدروجيني منخفض) ولهذا فان هذه الانواع من الاغذية لا تعد بيئة ملائمة لنمو معظم انواع البكتريا ولكنها قد تتلف بفعل الاعفان والخمائر التي تتحمل اس هيدروجيني اقل من 3.5 ولا تسبب الاصابة الغذائية بالبكتريا المرضية Food Borne Infection .

اللحوم والاسماك ومنتجاتها لها اس هيدروجيني 5.6 او اكثر مما يجعلها اكثر عرضة للفساد بواسطة البكتريا والخمائر والاعفان ولذا فهي اكثر احتمالا لنقل الاحياء المجهرية الممرضة والمسببة للتسمم الغذائي.

الحليب ايضا يكون بيئة ملائمة لنمو الاحياء المجهرية بسبب حموضته المتعادلة (اس هيدروجيني 6.3 – 6.5)، ان نمو بعض انواع الحياء المجهرية في الاغذية يؤدي الى زيادة حموضتها فمثلا نمو بعض انواع البكتريا كبكتريا حامض اللاكتيك في الحليب (صناعة الالبان المتخمرة) وهذه الحموضة تقي الاغذية من الفساد او نقل الاصابة بالبكتريا المرضية للمستهلك وذلك لتثبيط نمو البكتريا المحللة للبروتين او تمنع نمو او تقتل بعض انواع البكتريا الممرضة التابعة للجنس *Brucella* (مسببات حمى مالطا) ولكن في نفس الوقت تشجع نمو الاعفان والذي بدوره يقلل من حموضة الغذاء ويشجع بدوره نمو البكتريا بعدها اي اذا ما ترك الغذاء عرضة للتلوث .

2- المحتوى الرطوبي Moisture Content

وهو تعبير عن الماء المتاح في الاغذية ، والاصطلاح الفعالية المائية Water Activity (a_w) وهو يعبر عن مدى احتياج المكروبات للماء (او هو مقدار الماء المتاح للكائن المجهري) وهذا المعامل يطلق على معدل ضغط تبخر المياه في المادة الغذائية الى معدل ضغط تبخر المياه العادية في نفس الدرجة الحرارية اي :

$$a_w = P/Po$$

اذ P تعبر عن ضغط تبخر المحلول و Po يعبر عن ضغط تبخر المذيب (الماء على الاغلب)

وهذه المعادلة تستخدم في استخراج قيمة الرطوبة النسبية Relative humidity (RH) اذ

$$RH = a_w * 100$$

فالنشاط المائي a_w لمعظم الاغذية الطازجة تكون قيمته فوق 0.99 والجدول الاتي يوضح الحد الادنى من النشاط المائي الذي تحتاجه بعض الاحياء المجهرية :

الكائن المجهري	النشاط المائي a_w
اغلب بكتريا الفساد Spoilage bacteria	0.91
اغلب خمائر الفساد Spoilage yeasts	0.88
اغلب اعفان الفساد Spoilage molds	0.80
البكتريا المحبة للملوحة Halophilic bacteria	0.75
الاعفان المحبة للجفاف Xerophilic molds	0.65
الخمائر المحبة للضغط الازموزي المرتفع Osmophilic yeaste	0.6
E. coli	0.96
Pseudomonas	0.97
Enterobacter aerogenes	0.95
Bacillus subtilis	0.95
Clostridium botulinum	0.95
Staphylococcus aureus	0.86
خميرة *Saccharomyces rouxii*	0.62

3- جهد الاكسدة والاختزال (توافر الاوكسجين)

تظهر الاحياء المجهرية حساسية مختلفة لجهد الاكسدة والاختزال في البيئة التي تنمو فيها ، ويعبر عنه بفقد او اكتساب المادة للاليكترونات فعند فقد معدن او مركب للاليكترون فيسمى عندئذ بمادة مؤكسدة وعند اكتساب المادة اليكترون تسمى مادة مختزلة

$$Cu \xrightarrow{\text{اكسدة}} Cu + e \qquad /// \qquad Cu + e \xrightarrow{\text{اختزال}} Cu$$

والاكسدة تحدث ايضا عند اضافة اوكسجين كما في التفاعل

$$2Cu + O \xrightarrow{\text{اكسدة}} 2CuO$$

وعليه فالمادة التي تعطي اليكترونا فهي مادة مختزلة جيدة والتي تاخذ اليكترونا فهي مادة مؤكسدة ، بينما ينتقل الاليكترون من مركب الى اخر فهناك فرق في الجهد محسوس ما بين المادتين وهذا الفرق يمكن حسابه بواسطة جهاز حساس جدا ويقاس بالميليفولت mV .

وكلما كانت المادة عالية التاكسد كلما كان الجهد الكهربائي موجبا وكلما كانت المادة عالية الاختزال كلما كان جهد الاختزال سالبا وعندما يكون التاكسد والاختزال متساويان كان الجهد الكهربائي مساويا للصفر وجهد الاكسدة والاختزال يعبر عنه بالمصطلح (Eh) فالاحياء المجهرية الهوائية Aerobes يلزم لها Eh موجبا مثل جنس *Bacillus* بينما الاحياء المجهرية اللاهوائية Anaerobes فقيمة Eh لها سالبا مثل جنس *Clostridium* وبعض البكتريا الهوائية تنمو في ظروف مختزلة بسيطة وتسمى شحيحة الاحتياج للهواء Microaerophilic مثل الجنس *Lactobacillus* وجنس *Streptococcus* ، وهناك بعض انواع البكتريا لها القابلية على النمو في ظروف لاهوائية وهوائية وعليه تسمى باللاهوائية اختيارية Facultative anaerobes ، معظم الاعفان والخمائر التي تنمو على الاغذية تكون هوائية او لا هوائية اختيارية وبالنظر الى قيمة Eh في الاطعمة تجد الاطعمة النباتية وخصوصا العصائر لها Eh يتراوح ما بين +300 الى +400 وعليه تنمو فيه البكتريا الهوائية والاعفان والخمائر وتسبب فساده ، وقطع اللحم له Eh -200 اما اللحم المفروم له قيمة Eh +200 والجبن بانواعه المختلفة لها Eh سالب يتراوح ما بين -20 الى -200 .

4- محتوى المغذيات Nutrient Content

او ما يقصد به التركيب الكيميائي للغذاء ، اذ تحتاج الاحياء المجهرية الى مجموعة من المتطلبات لكي تنمو وهي اذا ما توفرت في الوسط المتواجدة فيه فانها تساعده على النمو وهي تتوفر على الاغلب في الاغذية ومنها:

1- مصدر كربوني للطاقة . 2- مصدر للنتروجين . 3- الفيتامينات او عوامل النمو . 4- الاملاح .

ومن ناحية الكائنات المجهرية فان الاعفان تتطلب اقل ما يمكن من هذه الاحتياجات الغذائية تليها الخمائر ثم البكتريا السالبة لصبغة كرام ويليها البكتريا الموجبة لصبغة كرام كمصدر للطاقة ، اذ يمكن للاحياء المجهرية ان تستغل السكريات والكحولات والاحماض الامينية كمصدر للطاقة وهناك القليل من المكروبات التي تستطيع ان تقوم بتحليل الكربوهيدرات المعقدة كالنشا والسليلوز الى سكريات بسيطة وتستعملها كمصادر للطاقة ، وتختلف الاحياء المجهرية في نوع السكريات التي يكون لها القدرة على استهلاكها فمثلا تستطيع اغلب البكتريا استهلاك السكريات الاحادية والثنائية ولا تستطيع تحليل السكريات المعقدة في حين اغلب الاعفان والخمائر والاعفان لها القدرة على تحليل السكريات المعقدة والبسيطة ولذا فان الفواكه والخضر اغلب فسادها يكون بسبب الاعفان والخمائر لاحتوائها على السليلوز بينما البكتريا فقلما يكون لها القدرة على اتلافها .

الدهون هي ايضا تستخدم من قبل الاحياء المجهرية كمصدر كربوني للطاقة وخاصة الاحياء المجهرية المنتجة لانزيم اللايبيز Lipase فتكون الدهون بذلك مصدرا للكربون والطاقة ، وكذلك البروتين والاحماض الامينية ممكن ان يكون مصدرا للطاقة للاحياء المجهرية التي لها القدرة على انتاج انزيمات محللة للبروتين Proteinases وتستطيع الاحياء المجهرية استهلاك الاحماض الامينية الحرة والببتيدات القصيرة وتستهلكها كمصادر للطاقة قبل بدئها مهاجمة المركبات الاكثر تعقيدا ويؤدي استهلاك الاحماض الامينية والببتيدات البسيطة الى ظهور روائح كريهة للاغذية البروتينية كاللحوم وهو ما يطلق عليه بتعفن اللحم Putrefaction ويكون نتيجة تكون غاز كبريتيد الهيدروجين والامونيا ومركبات اخرى بسبب تحلل الاحماض الامينية وخصوصا عند توفر الظروف اللاهوائية . ولا ننسى ان هذه المصادر هي ايضا مصدر للنتروجين وتحتاج الاحياء المجهرية ايضا الى الفيتامينات والاملاح والتي غالبا ما تكون متوفرة في الاغذية . اذا ما توفرت هذه المغذيات للكائنات المجهرية في الاغذية فانها غالبا ما تشرع بالنمو والتكاثر واحداث التلف .

5- تواجد المضادات المكروبية Existence of Antimicrobial

تحتوي بعض الاغذية على مواد مضادة لنمو الاحياء المجهرية وتصل هذه المواد الى الغذاء من عدة مصادر منها :

1- مواد مضادة ومثبطة للنمو تتواجد طبيعيا في بعض الاغذية مثل حامض البنزويك Benzoic acid الموجود في التوت البري وايضا مثل وجود اللايسوزايم Lysozyme في بياض البيض ومادة اللاكتنين Lactenins في الحليب التي تؤثر في نمو بكتريا القولون وانواع اخرى من الاحياء المجهرية ومادة السينماميك Cinnimic aldehyde الطيارة الموجودة في القرفة (الدارسين) ومادة Eugenol في القرنفل وكلها لها فعالية ضد الاحياء المجهرية .

2- تتكون بعض المضادات للاحياء المجهرية نتيجة نمو كائنات مجهرية اخرى في الاغذية اذ تنتج بعض الاحياء المجهرية مواد مثبطة في الوسط تعمل كمضادات حيوية ضد انواع اخرى من الاحياء المجهرية كانتاج بعض المضادات الحيوية من الاعفان ، وانتاج كحولات واحماض مثل حامض البروبيونيك في الجبن السويسري من بكتريا *Propionibacterium* والذي يوقف نمو الاعفان في هذا النوع من الاجبان ، وانتاج مضاد النايسين Nisin بواسطة بكتريا *Str. Lactis* في الحليب الذي يمنع نمو بكتريا *Clostridium* وبكتريا *Staphylococcus* وغيرها من البكتريا الموجبة فضلا عن انتاج حامض اللاكتيك في الحليب الذي يوقف نشاط البكتريا المحللة للبروتين .

3- تصل بعض المواد المضادة الى الاغذية بفعل التصنيع من اجل اطالة فترة حفظها فتضاف البروبيونات وحامض السوربيك Sorbic acid الى الخبز لمنع نمو الاعفان المفسدة له وكثير من المواد الحافظة تضاف لمختلف الاغذية لغرض تثبيط نمو الاحياء المجهرية المفسدة .

4- تتواجد بعض المواد المضادة في الاغذية عن طريق الصدفة نتيجة غسل الاواني وتعقيمها بالمنظفات والمواد الكيميائية المعقمة عند عدم ازالتها جيدا بالغسل ، او عن طريق استعمال المبيدات الحشرية في مصانع الاغذية واستعمال المضادات الحيوية لمعالجة الحيوانات المريضة .

6- التركيب الحيوي للغذاء Biological Structure of Food

الغطاء الطبيعي لبعض الاغذية يعطيها حماية ممتازة ضد دخول الاحياء المجهرية مثل غلاف او قشور الحبوب كما في الحنطة والشعير وقشور الحمضيات والفواكه وقشرة البيض وقشرة الجوز واللوز فانها تحمي محتواها من التلف ولكن اذا حدث خدش او كسر في احد هذه الاغلفة سيعرضها للتلف بفعل الاحياء المجهرية وحتى الجلد والقشور في الحيوانات والاسماك ايضا تحميها من التعرض للتلف .

ثانيا : العوامل الخارجية Extrinsic Parameters

1- درجة حرارة الخزن : تؤثر حرارة الخزن على نمو الاحياء المجهرية في الاغذية فالتبريد والتجميد هو احد الوسائل المهمة للسيطرة على نمو الاحياء المجهرية في الاغذية اذ انخفاض درجة الحرارة يؤدي الى توقف نمو الاحياء وكذلك يوقف نشاط الانزيمات المحللة والمسببة للتلف .

2- المحتوى الرطوبي للوسط المحيط بالغذاء : وله دور كبير في نمو الاحياء المجهرية اذ يوصى دائما خفض الرطوبة في مخازن الاغذية وبالاخص الحبوب من اجل وقف نمو الاحياء المجهرية المسببة للتلف كالاعفان .

3- وجود وتركيز الغازات : يستخدم استبدال او احلال احد الغازات بدل الاوكسجين لمنع نمو الاحياء المجهرية على الاغذية وهي ايضا تستخدم كوسيلة للحد من نمو الاحياء المجهرية الهوائية وخير مثال على ذلك تدخين بعض انواع الاغذية واستخدام غاز SO_2 في التعليب .

4- وجود وفعالية الاحياء المجهرية في الاغذية : اذ تتنافس الاحياء المجهرية فيما بينها فيشجعها ذلك على انتاج مركبات مضادة للكائن الاخر المنافس وهو يؤثر على نمو الاحياء المجهرية في الاغذية .

ملاحظة مهمة : يعد الطعام المطبوخ اكثر عرضة للتلف من الطعام غير المطبوخ وذلك لان المعاملة الحرارية للغذاء بالرغم من قضائها على العديد من الاحياء المجهرية الا انها تؤدي الى تحويل المركبات المعقدة الى مركبات ذات تركيب اسهل فيجعلها متاحة للاحياء المجهرية المسببة للتلف وايضا تعمل على تقطيع الانسجة وتؤدي الى خروج العصارة ويسهل ذلك دخول الاوكسجين الى الغذاء وتؤدي ايضا الى تغير صفات البروتين وتتكون محاليل غروية في الغذاء تسهل بالتالي نمو الاحياء المسببة للتلف .

طارق زيد ابراهيم استاذ المادة

السيطرة على تلوث الاغذية (حماية الاغذية)

Control of Food Contamination (Food Protection)

1- حماية الاغذية باستخدام المواد الكيميائية :

تستخدم المواد الكيميائية لمنع او تاخير تلف الاغذية وبالحقيقة فان الكثير من هذه المركبات اعطت نجاح كبير في علاج الامراض التي تصيب الانسان والحيوان ، وهذا لا يعني بالضرورة ان جميع المواد الكيميائية المستخدمة كمواد حماية للاغذية هي علاجات للامراض وليس العكس . فقد تكون بعض المواد الكيميائية المستخدمة في حماية الاغذية سامة جدا للانسان والحيوان باستثناء بعض المضادات الحيوية التي تستخدم في علاج الامراض ، وقد حدد استخدام المضادات الحيوية بشكل كبير في مجال وقاية الاغذية لما له من تاثيرات جانبية عديدة مثل تسببه للحساسية للمستهلك كاستخدام المضاد الحيوي البنسلين وكذلك بسبب البعض التغيرات غير المرغوبة التي قد يحدثها المضاد الحيوي في الاغذية فضلا عن ظهور سلالات بكتيرية لها القدرة على مقاومة هذه المضادات ، وكذلك ايضا ممكن ان لا تعمل هذه المضادات بشكل جيد عند استخدامها كمضاف غذائي فقد تتفاعل مع مكونات الغذاء ويحدث لها تغير في تركيبها بفقدها القدرة على العمل كمضاد مكروبي ، ولذا فقد فرضت منظمة الغذاء والدواء العالمية (Food Drug Administration FDA) العديد من القيود على استخدام مضادات الاحياء المجهرية في مجال وقاية الاغذية .

ومن الامثلة على بعض المواد الكيميائية المستخدمة كمضافات مضادة للاحياء المجهرية هي :

أ- حامض البنزويك وبنزوات الصوديوم والبارابينات Parabens

بنزوات الصوديوم هي اول المركبات التي سمحت منظمة الغذاء والدواء العالمية باستخدامها في مجال وقاية الاغذية وقد شاع استخدامه كمضاد في العديد من منتجات الاغذية اما البارابينات فهي مجموعة من استرات حامض البنزريك المثيلية Methyl- والبروبيلية Propyl- والهيبتيلية Heptyl- . وتعمل مركبات البنزوات بشكل جيد كمضاد للحياء المجهرية الملوثة والمسببة للتلف في الظروف الحامضية ، فان افضل فاعلية للحامض ضدها قد سجلت عند اس هيدروجيني 4.2 فيلاحظ ان نسبة فعاليته كانت بنسبة 60 % وان فعاليته انخفضت الى 1.5 % عند اس هيدروجيني 6 ولذا فقد اقتصر استخدامه في الاغذية الحامضية كالمشروبات والعصائر وكتشب الطماطة Tomato Catsup وتلبيسة السلطة Salad Dressing ويلاحظ

ان مثل هذه المنتجات الحامضية لا تستطيع البكتريا النمو فيها بسبب انخفاض الاس الهيدروجيني وانما يقتصر تلفها على الخمائر والاعفان في مثل هذه المنتجات وتستخدم البنزوات بتراكيز بين 50- 500 ppm على ان لا تزيد نسبة اضافتها للعصائر والمشاريب عن 0.1 % لانها بهذه النسبة سوف تعطي الطعام الطعم اللاذع او الحاد للغذاء اما البرابينات فان لها فعالية مشابهة للبنزوات الا انها تعمل بكفاءة عالية في اس هيدروجيني متعادل ومقارب للقاعدية (اس هيدروجيني 8) ولذا فان استخدامه يكون اوسع في مجال وقاية الاغذية ذات الحموضة المعتدلة .

ب- حامض السوربيك Sorbic acid

يستخدم ايضا في مجال وقاية الاغذية ويكون اما على شكل املاح الصوديوم او البوتاسيوم او الكالسيوم لحامض السوربيك ويسمح باستخدامه في الاغذية على ان لا تزيد نسبته عن 0.2 % ، وتشبه فعاليته في الاغذية الحامضية بفعالية حامض البنزويك في تاثيره ضد الخمائر والاعفان اضافة الى ذلك فان السوربات تؤثر على مجموعة من البكتريا مثل *Staphylococcus aureus* و .sp *Salmonella* وبكتريا القولون وبكتريا .sp *Pseudomonas* المحبة للبرودة ولذا فهو يستخدم في حفظ منتجات اللحوم المبردة كلحوم الاسماك والدجاج الطازجة .

ج- حامض البروبيونيك Propionic acid

وتستخدم على شكل املاح الصوديوم او الكالسيوم لحامض البروبيونيك لوقاية الخبز والمعجنات المختلفة وفي الجبن وانواع اخرى من الاغذية وله فعالية عالية ضد الاعفان Molds كمثبط للنمو Fungistatic وقاتل لها Fungicidal وخاصة في الاغذية الحامضية اذ تصل فعاليته الى 88 % في الاس الهيدروجيني 4 .

د- الكبريتات والكبريتيد وثنائي اوكسيد الكبريت SO_2

ويستخدم SO_2 في وقاية العديد من منتجات الاغذية الجافة والطازجة والعصائر وهو مركب استخدم منذ القدم في هذا المجال ، SO_2 له تاثير موقف لنمو بكتريا الخل .sp *Acetobacter* وبكتريا حامض اللاكتيك Lactic acid bacteria في اس هيدروجيني منخفض عند استخدامه بتراكيز 100- 200 ppm يؤدي الى قتل هذه البكتريا Bactericidal وهذا التركيز يعد مناسبا لتثبيط سبورات بكتريا *Clostridium botulinum* ، ولثاني اوكسيد الكبريت اهمية كبيرة في تحطيم بعض السموم الفطرية المنتجة على بعض الحبوب كتحطيمه لسم الافلا Aflatoxin بنوعيه B1 و B2 وخاصة المنتج على الذرة .

هـ- النترات والنتريت Nitrates and Nitrites

وتضاف ايضا على شكل نترات ونتريت الصوديوم ولعا اهمية كبيرة في مجال المضافات الغذائية فمن جهة تعمل على تثبيط بعض انواع الاحياء المجهرية المسببة للتلف والمنتجة للسموم ومثبطة لـــــــــبكتريا *C. botulinum* المنتجة لسم البوتيولين القاتل ، ومن جهة اخرى تعمل كمثبت للون الاحمر في اللحوم كمنتوج الصوصج واللانشون فضلا عن تطور النكهة فيهما ويستخدم في انتاج اللحم المقدد اذ يفيد في التفاعل مع صبغة الكلوبين العضلي Myoglobin ذو اللون الاحمر ويحوله الى Nitrosomyoglobin اذ يبقى المركب الناتج ثابتا نسبيا ومحتفظا باللون الاحمر فلا يتغير اللون اثناء الطبخ او الحلج او التدخين الى الوان اخرى كالبني وبذلك فهو يعد مثبتا لونيا . وتؤثر النترات والنتريت في نمو بكتريا *Staphylococcus aureus* الا انها لا تؤثر على البكتريا التابعة للعائلة المعوية Enterobacteriaceae اذ لها القدرة على اختزال النترات الى نتريت وتقليل فعاليتها المضادة .

و- ملح الطعام والسكر NaCl and Sugar

استخدم ملح الطعام كمادة حافظة منذ عصور واكثر استخداماته في حفظ اللحوم واقتصرت فعاليته على سحب الماء من داخل الاغذية ، اما استخدامه كمحاليل ملحية فيعمل على زيادة الضغط الازموزي فيثبط نمو الاحياء المجهرية بسبب سحب الماء من داخل الخلايا فيعمل ذلك على تقييد نموها وفعالياتها الحيوية فيحدث للخلايا الانكماش وتركز السايتوبلازم Plasmolysis فيعمل ذلك على وقف نموها او موتها ، الا ان بعض انواع البكتريا كالبكتريا المحبة للملوحة Halophilic bacteria لها القدرة على مقاومة هذه الظروف فضلا عن التغيرات التركيبية التي ممكن ان تحدث للحوم المملحة كزيادة النضوح Shrinkage والذي بدوره يقلل من القيمة الغذائية لها .

اما السكر كالسكروز فعملة من ناحية تثبيط الاحياء المجهرية يكون مشابها لتاثير ملح الطعام من حيث الضغط الازموزي المولّد ، ومن اكثر الاغذية التي يستخدم فيها السكر كمادة حافظة هي الحلويات والفواكه (المربى) والحليب المكثف Condensed Milk . هنالك انواع من الخمائر يكون لها القدرة على النمو بوجود التراكيز العالية من السكر كخميرة *Zygosaccharomyces rouxii* والتي تعرف بتفضيلها للنمو في ظروف الضغط الازموزي المرتفع .

والجدول الاتي يوضح اهم المواد الكيميائية المستخدمة في حفظ الاغذية واستعمالها

Table 13–1 Summary of Some GRAS Chemical Food Preservatives

Preservatives	*Maximum Tolerance*	*Organisms Affected*	*Foods*
Propionic acid/ propionates	0.32%	Molds	Bread, cakes, some cheeses, rope inhibitor in bread dough
Sorbic acid/sorbates	0.2%	Molds	Hard cheeses, figs, syrups, salad dressings, jellies, cakes
Benzoic acid/ benzoates	0.1%	Yeasts and molds	Margarine, pickle relishes, apple cider, soft drinks, tomato catsup, salad dressings
Parabens*	0.1%†	Yeasts and molds	Bakery products, soft drinks, pickles, salad dressings
SO_2/sulfites	200–300 ppm	Insects, microorganisms	Molasses, dried fruits, wine making, lemon juice (not to be used in meats or other foods recognized as sources of thiamine)
Ethylene/propylene oxides‡	700 ppm	Yeasts, molds, vermin	Fumigant for spices, nuts
Sodium diacetate	0.32%	Molds	Bread
Nisin	1%	Lactics, clostridia	Certain pasteurized cheese spreads
Dehydroacetic acid	65 ppm	Insects	Pesticide on strawberries, squash
Sodium nitrite§	120 ppm	Clostridia	Meat-curing preparations
Caprylic acid	–	Molds	Cheese wraps
Sodium lactate	Up to 4.8%	Bacteria	Pre-cooked meats
Ethyl formate	15–220 ppm¶	Yeasts and molds	Dried fruits, nuts

Note: GRAS (generally recognized as safe) per Section 201[32] (s) of the U.S. Food, Drug, and Cosmetic Act as amended.

*Methyl-, propyl-, and heptyl-esters of *p*-hydroxybenzoic acid.
†Heptyl-ester—12 ppm in beers; 20 ppm in noncarbonated and fruit-based beverages.
‡May be involved in mutagenesis and/or carcinogenesis.
§As formic acid.

2- حماية الاغذية بالطرق الفيزيائية

أ- التشعيع Radiation

وهو من الطرق المستخدمة في حماية الاغذية ويستخدم انواع منه في التعقيم السطحي لبعض انواع الاغذية وانواع اخرى من الاشعة تستخدم في التعقيم السطحي والداخلي للغذاء بأطوال موجية محددة ومن انواع الاشعة المستخدمة :

الاشعة فوق البنفسجية Ultra Violet : وهي اشعة ذات تاثير قاتل للخلايا المجهرية ، وهي غير مؤينة تمتص بكثرة بواسطة البروتينات والاحماض النووية ولذا يكون تاثيرها قاتل للاحياء المجهرية اذ تحدث تغيرات كيميائية في المادة الوراثية (التطفير Mutation) والانزيمات والبروتينات التركيبية للاحياء المجهرية . وقد حدد استخدامها في مجال وقاية الاغذية لاسباب اهمها الاختراق الضعيف لهذه الاشعة الى داخل الاغذية اذ يقتصر استخدامها على التعقيم السطحي للاغذية ، واحداثها بعض التغيرات في تركيب الاغذية كأكسدة بعض المركبات مثل الدهون وظهور التزنخ Rancidity وتسببها بتغير اللون او القصر Discoloration وتفاعلات اخرى غير مرغوبة وتسببها بتكون الاوزون O_3 في الاغذية والذي يحدث تغيرات في النكهة . ولذا فقد اقتصر استخدامها على التعقيم السطحي للبيض والفواكه وبعض المنتجات قبل تغليفها.

اشعة بيتا Beta Ray : وهي عبارة عن سيل من الاليكترونات تنتج من المواد المشعة وهي ايضا قليلة الاستخدام لانها غير قادرة على اختراق الاغذية فيقتصر استخدامها على التعقيم السطحي .

اشعة كاما Gamma Ray : وهي من ارخص انواع الاشعة اذ يمكن الحصول عليها بسهولة ، كثيرة الاستخدام بسبب قدرتها على اختراق الاغذية والمعلبات وبفاعلية كبيرة في تاثيرها على الاحياء المجهرية .

اشعة اكس X-Ray : عملها مشابه لاشعة كاما الا ان استخدامها قليل في مجال تعقيم الاغذية .

اشعة الموجات الدقيقة Micriwaves : وتستخدم ايضا في مجال الوقاية الغذائية اضافة الى استخدامها في عملية التحضير السريع للاغذية .

اهم الاعتبارات الواجب الاخذ بها عند استخدام التشعيع

1- نوع الكائن المجهري Types of Microorganism اذ تختلف الكائنات المجهرية في مقاومتها للتشعيع فالبكتريا الموجبة لصبغة كرام اكثر مقاومة من البكتريا السالبة لصبغة كرام ، وسبورات البكتريا تكون اكثر مقاومة من خلاياها الخضرية والاحياء المجهرية بدائية النواة اكثر مقاومة من الاحياء المجهرية حقيقية النواة اي ان الفيروسات والبكتريا تكون اكثر مقاومة من الاعفان والخمائر وسبورات الاعفان تكون اكثر مقاومة من خلايا خيوط العفن .

2- عدد الاحياء المجهرية المتواجدة في الغذاء كلما زاد عدد الاحياء المجهرية زادت الوقت اللازم للتشعيع وزادت الجرعة اللازمة لضمان التعقيم وهو ما يزيد من سلبية العملية بسبب الاضرار التي قد يحدثها التشعيع على الاغذية .

3- تركيب المادة الغذائية المراد تشعيعها فالاحياء المجهرية تكون اكثر حساسية للتشعيع عندما تتواجد في المحاليل الدارئة مقارنة بحالة تواجدها في الاغذية ذات التركيب المعقد فالاغذية البروتينية تزيد فيها مقاومة الاحياء المجهرية للتشعيع .

4- وجود او عدم وجود الاوكسجين اذ تزداد مقاومة الاحياء المجهرية للتشعيع في الاغذية كلما قلت كمية الاوكسجين فيه .

5- الحالة الفيزيائية للاغذية الاغذية المجمدة تكون فيها مقاومة الاحياء المجهرية اكبر من الاغذية غير المجمدة وكذلك الاغذية المجففة اكثر مقاومة من الاغذية السائلة او ذات المحتوى الرطوبي العالي .

6- عمر الكائن المجهري فتكون مقاومة الكائن المجهري للتشعيع اكبر عندما تكون في طور التطبع Lag phase وتصبح اكثر حساسية عندما تكون في طور النمو Log phase .

ب- التبريد

للتبريد دور كبير في مجال حفظ الاغذية وله اشكال عدة كالتبريد الاعتيادي والتجميد والتجميد الفائق Deep Frees فبالنسبة للتبريد الاعتيادي يكون فيه استخدام درجات الحرارة المنخفضة كدرجة 5 ᵒم وهي الطريقة التي تستخدم مع العديد من الاغذية الطازجة Fresh food والتي تتلف بحفظها بالتجميد اذ يسبب لها تغيرات مظهرية وتركيبية مرفوضة من قبل المستهلك ، هذه الطريقة عادة تستخدم في حفظ الاغذية الطازجة

لفترات قصيرة ولا توفر حماية للاغذية لفترات طويلة . اما التجميد فهو واسع الاستخدام اذ يتم فيه الحفظ لفترات اطول ويستخدم غالبا في حفظ اللحوم ومنتجاتها والبيض المقشر وبعض الخضراوات كالبامية .

ملاحظة مهمة :

– خفض درجة الحرارة قد توقف نمو الكائنات المجهرية الا ان فعاليتها الحيوية ونشاطها الانزيمي يبقى مستمرا كنشاط الانزيمات الخارجية المحللة للدهن والبروتين وغيرها .

– الحفظ بالتبريد يوقف نمو الاحياء المجهرية المحبة للحرارة Thermophilic والمحبة للحرارة المعتدلة Mesophilic ولكن الاحياء المجهرية المحبة للبرودة Psychrophilic تنشط في هذه الدرجات الحرارية (درجات حرارة التبريد)

اهمية الحفظ بالتجميد

1– ايقاف عمل الانزيمات التي ممكن ان تحدث تغيرات غير مرغوبة في الاغذية اثناء الخزن .

2– يساهم في الحفاض على بعض المركبات اللونية وخاصة اللون الاخضر لبعض الخضراوات .

3– يختزل عدد الاحياء المجهرية في الاغذية .

س\ يفضل التجميد البطيء على التجميد السريع ؟

وذلك لفعاليته ضد الاحياء المجهرية لانه في التجميد البطيء تكون حجم البلورات الثلجية اكبر حجما فتؤثر على الخلايا المجهرية وتؤدي الى قتلها على عكس التجميد السريع الذي تكون فيه البلورات الثلجية صغيرة الحجم ، وفي التجميد البطيء تتعرض فيه الفعاليات الحيوية للكائن المجهري للضرر لفترة اطول من ما يتعرض له من الضرر في التجميد السريع فيكون فرص قتل الكائنات المجهرية اكبر على عكس التجميد السريع (مدة التجميد البطيء 12 – 96 ساعة بينما التجميد السريع 40 – 60 دقيقة) ، ومن الناحية الفسلجية ايضا فان التجميد البطيء يعمل على زيادة تركيز بعض المواد الضارة قبل طرحها الى خارج الخلايا وزيادة مدة التعرض هذه تؤدي الى تاثير اكبر على الكائن المجهري فيكون سام لها على عكس التجميد السريع الذي يكون فيه فترة التعرض هذه اقصر .

الا ان التجميد البطيء يكون ذو اضرار كبيرة على تركيب الغذاء بسبب البعض من العوامل التي ذكرت سابقا فيزداد نضوح السوائل وتغيير قوام الاغذية فتجعله مختلف عن الصفات الحسية للاغذية الطازجة بينما يكون للتجميد السريع دور في الحفاض على صفات الاغذية الطازجة .

يمكن تلخيص تاثير التجميد على الاحياء المجهرية بما يلي :

1- نقص الماء المتاح او الحر Free water اللازم لجميع الفعاليات الحيوية للكائن في داخله او في الغذاء بفعل تحوله الى بلورات .

2- كثافة السايتوبلازم تزداد بفعل انجماد الماء مما يسبب وقف نموها .

3- فقد الغازات الذائبة داخل الخلية وخارجها بسبب الانجماد مما يجعل اتمام تفاعلات الاكسدة والاختزال شبه مستحيلة .

4- حدوث تغير في الاس الهيدروجيني داخل وخارج الخلايا وانخفاضه .

5- تركيز المحاليل الحيوية بفعل انجماد المذيب (الماء) .

6- حدوث تغيير عام في تركيب المحاليل الغروية .

7- حدوث الدنترة Denaturation للبروتينات الخلوية .

8- حدوث صدمة البرودة Cold Shock للكائن المجهري وهو الفشل العام للكائنات المجهرية مما يسبب موتها .

ج- استخدام درجات الحرارة المرتفعة لحفظ الاغذية

تستخدم درجات الحرارة العالية في حفظ الاغذية ومن اكثر طرقها شيوعا هي البسترة Pasteurization والتعقيم Sterilization **فالبسترة** هي استخدام درجات الحرارة المرتفعة لقتل كل الاحياء المجهرية الممرضة وتقليل اعداد الاحياء المجهرية المسببة للفساد كما في بسترة الحليب ويوجد نوعان معروفان هما **البسترة البطيئة (LTLT) Low Temperature Long Time** ويستخدم فيها درجات الحرارة 63 °م لمدة نصف ساعة .

والبسترة السريعة (HTST) High Temperature Short Time وفيها تستخدم درجة الحرارة 72 ᵒم لمدة 15 ثانية .

وفي كل انواع البسترة المقصود بها قتل كافة الاحياء المجهرية الممرضة التي ممكن تن تنتقل عن طريق الغذاء بالدرجة الاولى مع الحفاض على خواص الاغذية المقبولة لدى المستهلك فهذه الانواع من المعاملات الحرارية اعدت لغرض قتل الاحياء المقاومة لدرجات الحرارة المرتفعة وهي *Coxiella burnetti* مسببات حمى كيو Q–fever المقاومة لدرجات الحرارة المرتفعة وكذلك عصيات السل الرئوي *Mycobacterium tuberculosis* . وتؤثر درجات حرارة البسترة في العديد من الاحياء المجهرية كالخمائر والفطريات والبكتريا السالبة لصبغة كرام وبعض انواع البكتريا الموجبة لصبغة كرام .

ملاحظة مهمة : يجب التفريق بين مصطلحين مهمين هما :

كائنات محبة للحرارة العالية Thermophilic : وهي الكائنات التي تقاوم درجات الحرارة المرتفعة وتفضلها للنمو اي تنمو فيها .

كائنات مقاومة للحرارة المرتفعة Thermoduric : وهي الكائنات التي تقاوم درجات الحرارة المرتفعة وليس بالضرورة ان تنمو فيها اي ليست هي المفضلة لنموها .

اما التعقيم Sterilization

ويقصد به قتل كافة انواع الاحياء المجهرية وسبوراتها بحيث يصبح المنتوج خاليا تماما منها وهو ما يستخدم في انتاج المعلبات اذ يكون عدد الخلايا فيها بعد التعقيم صفر ، والذي يمكن الحصول عليه باستخدام طريقة التعقيم الفائق (UHT) Ultrahigh Temperature والذي يستمر لبضع ثواني باستخدام درجات حرارة 140–150 ᵒم اذ يكون كافي لقتل الخلايا المجهرية ويكون الغذاء المعلب الناتج قابل للحفظ بدرجة حرارة الغرفة لفترات طويلة . ومقارنة مع البسترة الاعتيادية والتي تكون كفيلة بقتل البكتريا المرضية والبكتريا المحبة للبرودة Psychrophilic bacteria فيكون امكانية الحفظ بها لفترات قصيرة في درجات حرارة الثلاجة .

هنالك عوامل تؤثر في مقاومة الاحياء المجهرية لدرجات الحرارة المرتفعة كالماء والمحتوى الرطوبي ووجود الاملاح والدهون والسكريات والاس الهيدروجيني للغذاء والوسط والبروتينات واعداد الاحياء المجهرية وعمر الكائن المجهري او ما يقصد بمرحلة نموه ودرجة الحرارة المفضلة لنموه ووجود العوامل المثبطة بالاضافة الى

الدرجة الحرارية المستخدمة وزمن التعرض ونوع الكائن المجهري فالبكتريا المحبة للبرودة تكون اكثر حساسية من البكتريا المحبة للحرارة المعتدلة وهي اكثر حساسية من البكتريا المحبة للحرارة المرتفعة ، وان البكتريا المنتجة للسبورات تكون اكثر مقاومة للحرارة من البكتريا غير المنتجة للسبورات ، وان سبورات الاعفان تكون اكثر مقاومة من خيوط العفن الخضرية وان الخمائر تكون اكثر حساسية من الاعفان.

وهنالك مصطلحات مهمة جدا في مجال استخدام الحرارة في حفظ الاغذية

- **زمن القتل الحراري (Thermal Death Time (TDT** والذي يقصد به الوقت اللازم لقتل كافة الاحياء المجهرية عند درجة حرارة محددة (حرارة محددة ووقت متغير) .

- **زمن الاختزال العشري Decimal Reduction Time** ويرمز لها **D–value** وهي تشير الى الوقت اللازم لقتل 90 % من الاحياء المجهرية عند درجة حرارة ثابتة وتتاثر قيمتها بتغير تركيب وسط المعاملة والاس الهيدروجيني (وهي تشير الى قدرة الاحياء المجهرية على المقاومة) .

- **Z–value** وهي الدرجة الحرارية اللازمة لتقليص لوغارتم عدد الخلايا دورة لوغارتمية واحدة .

- **F–value** وهي عدد الدقائق اللازمة لقتل كافة الاحياء المجهرية الخضرية وسبوراتها في درجة حرارية ثابتة وهي تختلف من كائن مجهري الى اخر .

د- حفظ الاغذية بالتجفيف Protection of Food by Drying

يعتمد حفظ الاغذية بهذه الطريقة على نزع الرطوبة وتقليل المحتوى المائي لبعض الاغذية للمساعدة على منع نمو الكائنات المجهرية الملوثة وهي من اساليب الحفظ القديمة والشائعة مثل تجفيف الفواكه كالتين والعنب والمشمش والاجاص وغيرها ، اذ يكون الغذاء المجفف بيئة غير ملائمة لنمو الاحياء المجهرية ، وهذه الطريقة تصلح لحفظ الاغذية لفترات طويلة .

وهنالك طرق اخرى تستخدم ايضا في حفظ الاغذية كاستخدام الضغط العالي والتعليب والضغط المخلخل .

الاحياء المجهرية التي لها علاقة بالاغذية:

1- الاعفان Molds :

تنمو الاعفان على الاغذية وتعرف بمظهرها الزغبي او الوبري او القطني ويتغير لونها في بعض الاحيان الى اللون الداكن وباطياف مختلفة حسب النوع والجنس ، وهو انعكاس لسبوراتها . وعادة الاغذية التي ينمو عليها الاعفان تكون غير صالحة للاستهلاك.

على الرغم من ان الاعفان تسبب تلف العديد من الاغذية الا ان هناك انواعا منها مفيدة في تصنيع بعض انواع الاغذية او حتى كمكون من مكوناتها ، وخير مثال على ذلك بعض اصناف الجبن التي يقوم الفطر فيها بعملية الانضاج مثل جبن الريكفورت Roquefort والكاممبرت Camembert .

وقد يستخدم العفن في انتاج بعض الاغذية المتخمرة الشرقية مثل صلصة الصويا Soysochi والميزو Mezo والساكي وغيرها. وايضا تستخدم بعض الانزيمات التي تنتجها الاعفان مثل الاميليز او تستخدم بعض نواتج ايضها مثل حامض الستريك ، ويستخدم بعضها في انتاج بعض المضادات الحيوية كالبنسلين .

صفات الاعفان

تتضمن الصفات صفات مظهرية لمستعمرات العفن وصفات تركيبية ومجهرية تمكن الدارس من تمييز الاعفان وتقسيمها وتصنيفها . والاعفان بصورة عامة خالية من الكلوروفيل ولذا فهي غير ذاتية التغذية فتعيش عيشة مُعتمدة اما رمية او متطفلة والبعض منها يعيش مُتكافلاً ، يكوِّن العفن خيوطا متفرعة ومتداخلة تسمى بالهايفات (مفردها هَيفا) ويطلق على النمو الخيطي للاعفان بالميسيليوم Mycelium والهايفات اما تكون اما تكون نامية بداخل الاطعمة (مدفونة او مغروسة فيها) او قد تنمو هوائيا على سطح الاغذية والهايفات يمكن تقسيمها الى :

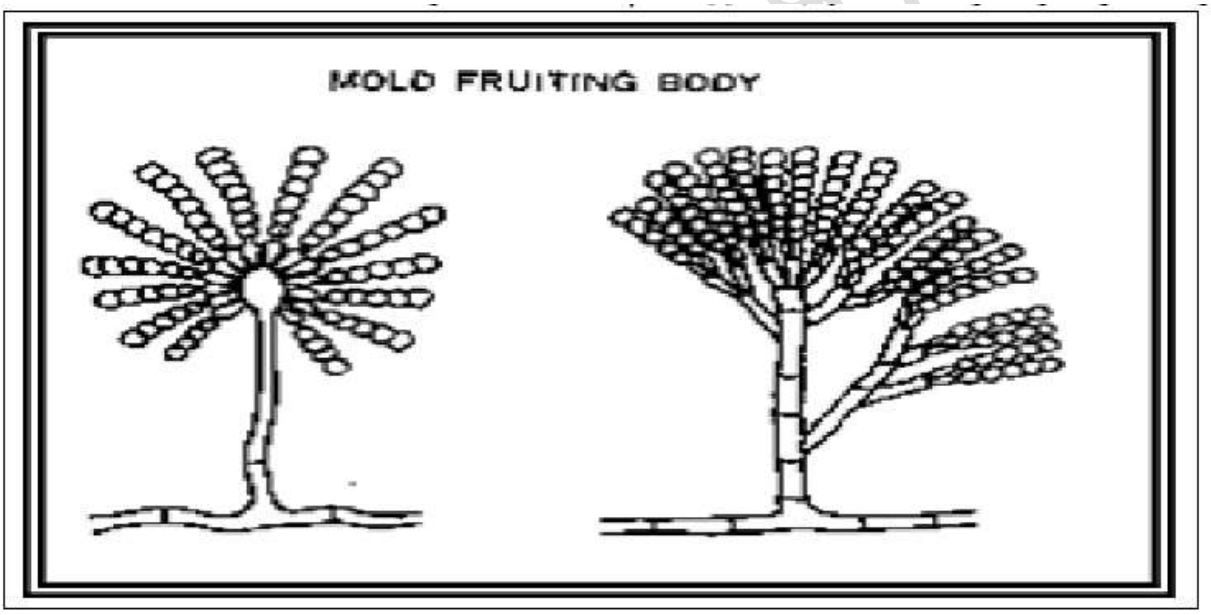
1- هايفات خضرية وهي التي تمد العفن بالغذاء .
2- الهايفات الجنسية وهي خاصة بالتكاثر وحفظ النوع من الاندثار وهذه تكون دائما معرضة للهواءوتنمو على سطح الغذاء .

هناك انواع من الهايفات تكون ما يسمى بالسكلروتيا (خلايا حجرية) (Seclerotia(Ston body والتي هي عبارة عن هايفات متطورة مثخنة الجدران ولذا فهي تساعد في مقاومة الظروف غير الملائمة مثل الحرارة والظروف البيئية ولذا فان التركيز عليها مهم في بعض الاغذية المعاملة بالحرارة.

الفحص المجهري مهم جدا لتحديد نوع الفطر اذ هناك مجموعتين من الهايفات هما :

1- الهايفات تكون مقسمة بحواجز مما يجعلها عديدة الخلايا وتسمى في الحالة Septate .

2- هيفات غير مقسمة اذ تظهر الهيفا بشكل اسطواني لايوجد بها حواجز اي عبارة عن خلية واحدة عديدة النويات وتسمى Non septate الهايفات تكون دائما رائقة وواضحة تحت المجهر الا بعض الانواع تكون غير رائقة وهي تبدو عديمة اللون وشفافة وتكون ملونة في حالة رؤيتها ككتلة واحدة كما في الشكل



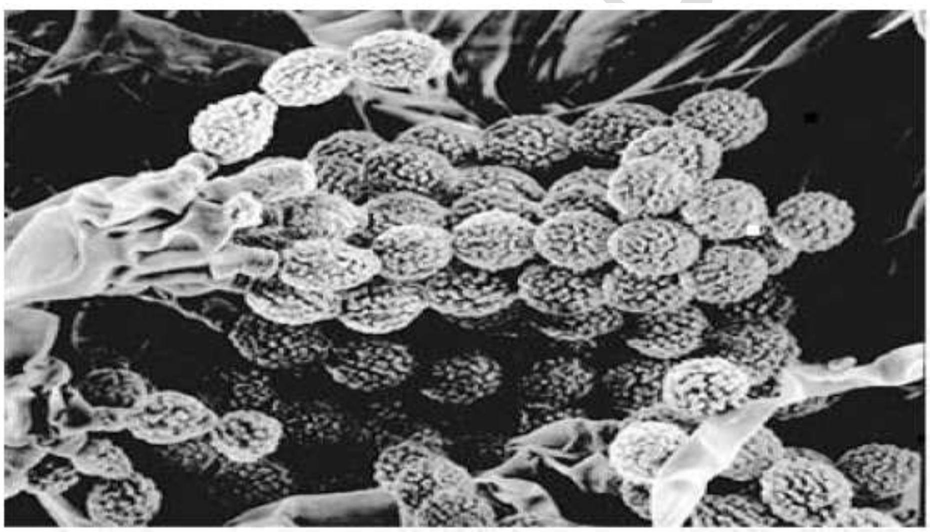
شكل(1) الهيفات المقسمة وغير المقسمة في الفطر

التكاثر في الاعفان

تتكاثر الاعفان بطريقتين هما :

1- التكاثر اللاجنسي Asexual : والذي يتم اما خضريا بتجزؤ الهايفات وانفصالها ثم ينمو كل منها ويتكون ميسيليوم جديد او يحدث بتكوين سبورات لا جنسية داخل اكياس خاصة تعرف بالاكياس البوغية وتسمى Sporangiospores او انها تتكون على حوامل خاصة تعرف بالحوامل الكونيدية او انها تتكون من هايفات تختزن الغذاء مباشرة مثل السبورات الكلاميدية Clamidospores (خلايا تختزن مواد غذائية وتحيط نفسها بجدار سميك).

2- التكاثر الجنسي Sexual : ويتم بطرق مختلفة والطريقة التي يتم فيها هذا التكاثر يعتمد عليها في تقسيم انواع الاعفان وفيها يتكون السبورات الجنسية ومنها السبورات البيضية Oospores والسبورات الاسكية Ascospores والسبورات الزيجية Zygospores والسبورات البازيدية Basidospores



شكل(2) التكاثر الجنسي في الفطر

الصفات الزرعية

المظهر العام للاعفان على الاغذية كافيا لمعرفة الجنس الذي ينتمي اليه العفن فبعض الاعفان يكون نموها هشا اي مشابها للقطن وبعضها يظهر بشكل ملتصقا على المادة وبعضها يكون بشكل ناعم واخر جاف او مسحوقي كالبودرة والاخر شكله جيلاتيني لزج ، بعضها محدود النمو والاخر منتشر على كل الغذاء وفي بعض الانواع ممكن تشخيص العفن من لون خيوط المايسيليوم التي يكونها مثل اللون الاحمر والاصفر والبني والرصاصي مثل الجنس Aspergillus وايضا يمكن التمييز الاجناس والانواع اعتمادا على ظهور الوان خاصة بالنوع او الجنس والتي تتكون بعد مرور مدة لا تقل عن 5 ايام من تنمية المستعمرات على الاوساط الغذائية نظرا لتكون سبورات الاعفان والتي عند وجودها بشكل كثيف تظهر المستعمرات باللون الازرق والاسود والبني والاخضر والاصفر فضلا عن ان الجزء السفلي للمستعمرات النامية على الاوساط الزرعية عند النظر اليها من تحت الاطباق تظهر اشكالا والوانا ممكن اعتمادها في التشخيص مثل الازرق المسود والاخضر المسود للسطح السفلي لمستعمرات العفن Cladosporium .

الخواص الفسلجية للاعفان

تتلخص الاحتياجات الفسلجية لنمو الاعفان بما يلي :

1- الرطوبة :

تحتاج الاعفان لاقل نسبة من الماء المتاح للنمو مقارنة بالاحياء الاخرى (الخمائر والبكتريا) ويتوقف الحد الادنى من الرطوبة لنمو وتكاثر الاعفان على عوامل عدة مثل نوع العفن ونوع ومقدار نواتج الايض التي تطرح خارج خيوط العفن ، فمثلا اذا انخفضت بسببه الرطوبة في وسط ما الى اقل من 14 – 15 % فان نمو العفن يتوقف كما هو الحال في المواد الغذائية المجففة (الفاكهة والخضر والسمك والبيض والقمح والشعير والذرة والخ) وقد وجد ان نسبة الرطوبة المثالية لنمو الاعفان هي 18 % .

2- الحرارة :

معظم الاعفان من نوع المحبة للحرارة المعتدلة Mesophilic اي ان معظمها ممكن ان ينمو في درجة حرارة مثلى لها 25 – 30 °م ولكن هناك ما ينمو جيدا في درجة حرارة 35 – 37 °م او اعلى من ذلك مثل انواع من العفن Aspergillus وهناك انواع تنمو في درجة حرارة التبريد مثل بعض انواع الجنس Penicillium

(العفن الذي ينمو على الفاكهة المخزونة في الثلاجة) وبعض الاعفان ينمو في درجات حرارة متطرفة البرودة مثل – 5 و – 10 °م واعداد نادرة تنمو في بشكل محب للحرارة المرتفعة .

3- الاوكسجين ودرجة الحموضة pH

الاعفان جميعها هوائية اي انها تحتاج الى الاوكسجين في نموها وهذه حقيقة واقعة لجميع انواع الاعفان التي تنمو على الاطعمة . ينمو العفن بصورة طبيعية في وسط حامضي (pH 3.5-4.5) كما توجد انواع اخرى تتمكن من العيش في وسط يتراوح رقمه الهيدروجيني (pH 5.2 و 8) .

4- الاحتياجات الغذائية

تتغذى الاعفان دائما على جميع انواع الاطعمة سواء البسيطة او المعقدة التركيب اذ ان اغلب الاعفان تفرز انواعا عديدة من انزيمات التحلل اذ تنتج انزيمات الاميليز والبكتنيز والبروتينيز واللايبيز .

5- المواد المثبطة للنمو

يتاثر نمو الاعفان بوجود مواد كيميائية مثبطة للاعفان Mycostatic اي تثبط نمو الاعفان مثل حامض السوربيك والبروبيونات والخلات ويتميز نمو العفن بكونه بطيئاً اذا ما قورنت بنمو كلا من البكتريا والخمائر لذلك فان العفن يتنحى عندما تكون الظروف ملائمة لنمو البكتريا والخمائر وعند توفر الظروف الملائمة لنمو الاعفان فسرعان ما يكون نموه سريعا وغزيرا ويتمكن العفن من مقاومة الضغط الازموزي العالي وهو بذلك يتحمل اكثر مما يمكن لكل من الخمائر والبكتريا ، فيعيش في وسط غذائي ذي تركيز من السكر يبلغ حوالي 50-60 % ، وتفاديا لنمو الانواع الضارة من الاعفان في المشروبات والمربيات فانها تحفظ في تراكيز سكر تتراوح بين 60-70 % .

تقسيم الاعفان

تقسم الاعفان الى اربعة اقسام هي :

1- الفطريات الناقصة Deuteromycetes وتتميز بان هيفاتها غير مقسمة وتتكاثر بطريقة لا جنسية فقط .
2- الفطريات الطحلبية Phytomycetes وتتميز هيفاتها بانها غير مقسمة وتضم مجموعتين :
   أ- فطريات بيضية Oomycetes

ب-فطريات زيجية Zygomycetes

3- الفطريات الاسكية Ascomycetes وتتميز بكون هيفاتها مقسمة والسبورات الجنسية فيها تتواجد داخل كيس اسكي فيه 8 سبورات اسكية .

4- الفطريات البازيدية Basidomycetes وتتميز هيفاتها بانها مقسمة وترتبط سبوراتها الجنسية المسماة بالسبورات البازيدية بواسطة عنق بتركيب لحمي يسمى بازيديوم Basidium .

انواع الاعفان المهمة في الاغذية

1- الجنس Mucor

يتلف بعض الاغذية ويفيد في صناعة بعضها الاخر ويكون نموا خيطيا ابيض كثيف على الاغذية ثم يتبقع هذا النمو بالاسود واهم انواعه *M. rasemosus* و *M. roxii* ويستخدمان في تحويل النشا الى سكريات بسيطة وذلك بواسطة الانزيمات التي يفرزاها ويستخدم النوع *M. roxii* في انضاج جبن الكاميلوست Gamelost chees .

2- الجنس Rhizopus

يتميز بان سبوراته تكون موجودة داخل حافظة سبورية Sporangium وعند النضج يتحول لونها الى الاسود اهم انواعه *R. nigricans* والذي يسبب عفن الخبز الاسود Bread Mold كما انه ينمو على العديد من الاغذية كالفواكه والخضر وخاصة البصل ويكون على شكل نمو زغبي اسود .

3- الجنس Aspergillus

انواع هذا الجنس تسبب فساد العديد من منتجات الاغذية كما ان بعض سلالاته تستخدم في الصناعة في لانتاج بعض الاحماض العضوية والانزيمات ، اهم الانواع التابعة لهذا الجنس :

أ- *A. niger* : يكون نموات سوداء اللون على الاغذية ويفسد الاغذية الطازجة والمبردة ويستخدم في المجال الصناعي لانتاج حامض الستريك .

ب- *A. repens* : ينمو في الحليب المكثف المحلى ويكون كتلا تشبه الازرار على سطح المنتج داخل العلبة .

ت- النوع *A. fisheri* : وهو من انواع الاعفان التي تقاوم درجات الحرارة المستخدمة لمعاملة الاسماك .

ث- النوع *A. glaucus* : يسبب فساد اللحوم والفاكهة والخضر ويتميز فسادها بتكون مستعمرات خضراء اللون عليها .

ج- النوع *A. flavus* و النوع *A. parasiticus* تنمو في الاغذية وتكون سموما فطرية Mycotoxins مثل سموم الافلا Aflatoxins اذ تسبب التسمم الغذائي .

4- الجنس Penicillium

وهو منتشر في العديد من الاغذية واهم انواعه :

أ- *P. expansum* : والذي يسبب فساد الفاكهة والخضراوات ونموه اخضر اللون .

ب- *P. italicum* : يسبب تعفن البرتقال ولون نموه ازرق .

ت- *P. notatum* : يستخدم لانتاج البنسلين ويسبب العفن الاخضر للفواكه .

ث- *P. chrysogenum* : يستخدم في انتاج البنسلين وينمو على الاغذية .

ج- *P.digitatum* : يسبب فساد الطماطة والفواكه الطرية نموه زيتوني اللون .

ح- *P. camemberti* : يستخدم في تصنيع الجبن الكممبرتي Camembert chees .

خ- *P. roqueforti* : يستخدم في تصنيع جبن الريكفورتي Roquefort .

5- الجنس Trichothecium

ينمو على الفواكه ويسبب فسادها خاصة الخوخ والتفاح لون نموه احمر خاصة النوع *T. roseum* .

6- الجنس Geotrichum

ويطلق على هذه الاعفان بالفطريات شبيهة الخميرة مثل الخمائر الغشائية Yeast like fungi واهم انواع هذا الجنس هو النوع *G. candidum* اذ ينمو على منتجات الالبان ذات الحموضة العالية كالالبان المتخمرة ويمون عليها كتلة متماسكة بيضاء اللون ويعمل على اكسدة حامض اللاكتيك الى ثاني اوكسيد الكاربون والماء ويستخدم ايضا في انضاج بعض الاجبان .

7- الجنس Monilia

يفسد عصير قصب السكر المعد لاستعماله في انتاج بلورات السكر ويسبب التعفن الاحمر في الخبز Bloody bread

8- الجنس Alternaria

عفن شائع يسبب تلف المواد الغذائية مثل تعفن الحمضيات .

9- الجنس Fusarium

ينتج هذا الجنس مايسيليوم مكثف ذو مظهر قطني مشوَّب بلون وردي او بنفسجي فاتح او اصفر وتكون كونيداته على شكل منجلي وتكون منفردة او متعددة ، ولهذا الجنس انواع ذات اهمية كبيرة في الاغذية فتسبب فساد الفواكه والخضراوات وينتج انواع منه حامض الجبريليك .

د. طارق زيد ابراهيم

الاحياء المجهرية التي لها علاقة بالاغذية:

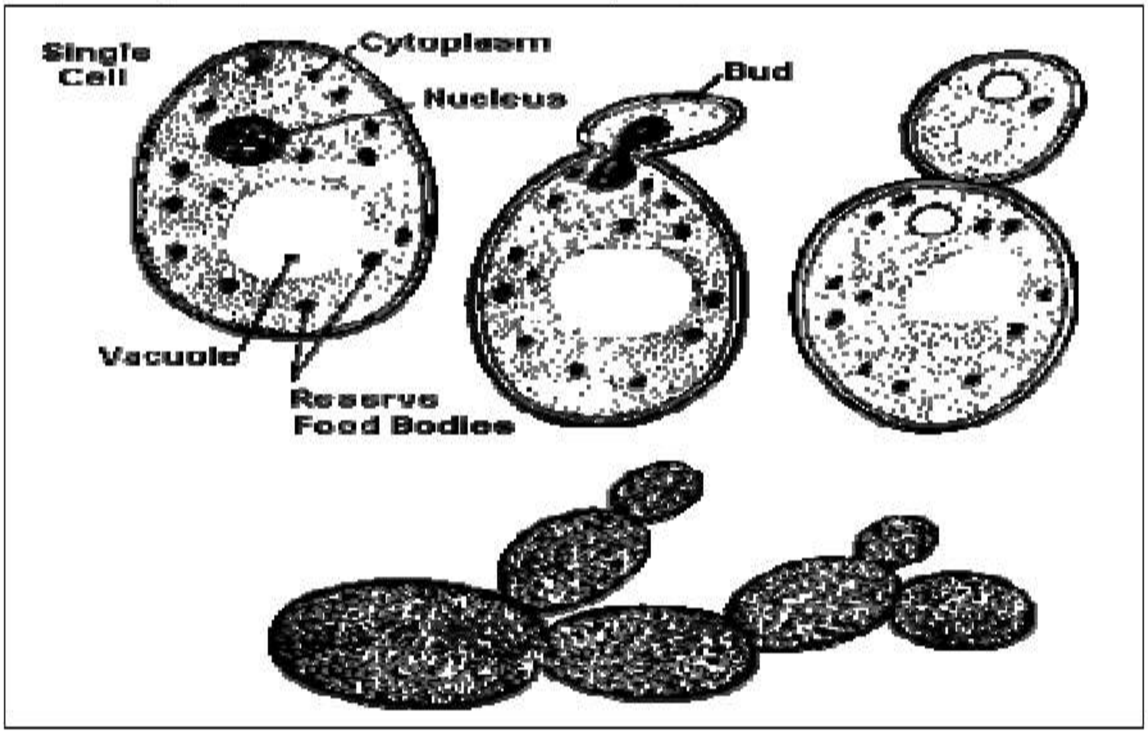
الخمائر Yeasts

الخمائر عبارة عن فطريات وحيدة الخلية حقيقية النواة لاتكون خيوط مايسيليوم (هايفات) تكون خلاياها بيضوية او كروية الشكل تحتوي على نواة . والخمائر قد تكون مفيدة وقد تكون ضارة في الاغذية فهي تستخدم في صناعة الخبز والبيرة والنبيذ والخل وانتاج بعض انواع الجبن والفيتامينات والدهون وفي انتاج البروتين احادي الخلية Single cell protein من مخلفات الصناعات الغذائية ومن منتجات النفط . وتكون الخمائر الضارة عندما تنمو وتسبب فسادا لعصائر الفاكهة ، والعسل والمربيات والجلي والمخللات والمشروبات الكحولية واللحوم والالبان ومنتجاتها .

الصفات الشكلية

شكل خلية الخميرة قد يكون مستديرا او بيضويا او كمثريا او اسطوانيا . وقد تستطيل الخلايا الى مايسيليوم كاذب يختلف في الحجم . الاجزاء الضاهرة في الخميرة تحت المجهر هي : السايتوبلازم والفراغات المائية او الفجوات وحبيبات الدهن وحبيبات اخرى قد تكون ملونة (مايتوكوندريا) او البومينية او نشوية . واهم ما يميز الخمائر هو طريقة التكاثر وتبعا لهذه الصفة قسمت الخلايا الى مجموعتين :

1- معظم الخمائر تتكاثر لا جنسيا بواسطة التبرعم المحوري او من اي نقطة على السطح Multilateral ومنها يبرز البروتوبلازم من جدار الخلية وينمو حتى ينحسر عن الخلية الام مكونا خلية ناشئة . وطريقة التكاثر اللاجنسي الشائعة في الخمائر هي التبرعم Budding اذ تنقسم النواة ويبقى انصافها في الخلية الام ثم بدورها تنقسم وهكذا تتكون سلسلة من البراعم على الخلية الام (شكل التبرعم في الخميرة) ، وفي بعض الخمائر السطحية ينمو البرعم من بروز يشبه الانبوبة في الخلية الام ، تنقسم المادة النووية المتضاعفة بين الخلية الام والخلية الناشئة ، وفي بعض الخمائر يتم التكاثر اللاجنسي بالانقسام الثنائي والبعض الاخر بواسطة الانقسام الثنائي والتبرعم.



2- هنالك خمائر تتكاثر بواسطة السبورات الجنسية والتي يطلق عليها Ascospores ويتم ذلك بتكوين السبورات الاسكية وفيها تتحول خلية الخميرة الى كيس سبوري Ascus ، وتتكون هذه السبورات الاسكية بعد ان تتم عملية التزاوج بين خليتي خميرة حقيقية ولكن قد تتكون ايضا كنتيجة لتزاوج خليتين ناشئتين ، وان عدد السبورات داخل الكيس الواحد يختلف من نوع خميرة الى اخر وهو ايضا من الصفات المميزة للانواع .

الصفات الزرعية

في اغلب الاحوال لايفيد مظهر نمو الخميرة في تصنيفها والتعرف عليها ولو ان نموها كغشاء على سطح البيئة يدل على وجود خميرة غشائية او مؤكسدة كما ان انتاج صبغة الكاروتينويد يدل على الجنس Rhodotorula . ورغم ذلك فمظهر الخميرة يعتبر مهما عندما تسبب الخميرة بقعا ملونة على الاغذية .

من الصعوبة التفريق بين مستعمرات الخميرة والبكتريا على بيئة الاكار وللتاكد لابد من اللجوء للفحص المجهري (الخميرة فيها نواة واضحة اما البكتريا ليس لديها نواة عند الفحص بالمجهر . معظم مستعمرات الخميرة تكون رطبة ولزجة لحد ما ولكن قد تكون مسحوقية اللون وتصبح المستعمرات جافة بتقدم العمر . الخمائر المؤكسدة قد تنمو كغشاء رقيق على سطح السائل ولهذا تسمى خمائر غشائية .

الصفات الفسلجية

1- الرطوبة :

تحتاج الخمائر الى كميات من الماء اكثر من الاعفان ولكنها اقل مما تحتاجه البكتريا والنسب المعتدلة التي تحتاجها الخمائر من الرطوبة تبلغ 25% وهذا مما يسبب تلف الفواكه بكثرة .

2- الحرارة :

الخمائر تنمو جيدا في درجات الحرارة المعتدلة بين 25-35 °م وقد تنمو بعض الانواع في الصفر المئوي ودرجة 37 °م.

3- الحموضة :

تتمكن خلايا الخميرة من النمو في الوسط الحامضي الذي يصل اسه الهيدروجيني الى 4-4.5 pH ولما كانت حموضة الفواكه تتراوح بين هذه القيم لذا نرى ان تلف مثل هذه الفواكه سببها الخمائر ومن الممكن لبعض انواع الخمائر ان تنمو في درجة حموضة ما بين 3-7.5 pH .

4- الاوكسجين :

بالنسبة لاحتياج الخمائر الى الاوكسجين فيمكن تصنيفها الى نوعين :

أ- انواع هوائية : تنمو وتتكاثر بوجود الاوكسجين ويطلق عليها اسم الخمائر الغشائية او الخمائر السطحية وتقوم هذه الخمائر باكسدة الاغذية العضوية مثل السكريات والكحولات والاحماض العضوية منتجة منها غاز CO_2 وتتغير المادة الغذائية من ناحية الطعم والرائحة والشكل .

ب- انواع لا هوائية : وتنمو وتتكاثر هذه الانواع في غياب او عدم وجود الاوكسجين ويطلق عليها خمائر القاع او الخمائر المخمرة وهي ذات اهمية كبيرة في صناعة الخبز والانتاج الصناعي للكحول الاثيلي اذ تقوم بتحويل السكر الى كحول ويمكن لخلايا الخميرة ان تعيش في تراكيز عالية من الاملاح والسكر ولكن ليس كما هو الحال في الاعفان . واعلى تركيز من السكر يمكن ان تنمو فيه وتتكاثر هو ما بين 50-55 % .

ملاحظة : تتاثر الخمائر بالمواد الحافظة كما هو الحال في العفن اذ تضاف بنزوات الصوديوم او حامض البنزويك بنسب معينة الى المواد الغذائية والسوائل التي يتطلب حفظها لمدة طويلة .

الخمائر المهمة صناعيا

اولا : الخمائر الحقيقية True yeasts

هي الخمائر التي تتكاثر بواسطة الجراثيم الجنسية Ascospores وبذلك تعتبر تابعة لصنف الفطريات الاسكية Ascomycetes وتضم هذه المجموعة معظم الخمائر التي لها اهمية صناعية اذ تشمل الاجناس المهمة التالية :

1- جنس Endomyces

استخدمت هذه الخمائر في الحرب العالمية الثانية لانتاج الدهون كما تستخدم انواع منه لانتاج الانزيمات المحللة للنشا Amylases وبعض انواعه تنمو على الفواكه وتعفنها .

2- جنس Saccharomyces

يعتبر هذا الجنس من اهم الخمائر بالنسبة للصناعات الغذائية خاصة النوع *S. cerevisiae* الذي يستخدم في صناعة الخبز وفي انتاج انزيم الانفيرتيز Invertase الذي يستخدم في صناعة الحلوى وفي انتاج النبيذ والكحول والكليسرين وبعض الالبان المتخمرة وهناك انواع تابعة لهذا الجنس تتمكن من العيش في التركيز العالي للسكر وبلك تفسد الاغذية السكرية والفواكه المجففة والمربيات وهي *S. rouxii* والنوع *S. mellis* .

3- الجنس Zygosaccharomyces

افراده تتحمل التراكيز العالية من السكر وتعد افراده من الانواع الحبة للضغط العالي Osmophilic yeasts ولهذا تفسد الاغذية السكرية كالعسل والدبس والعصائر المركزة والشراب والمولاس وخاصة النوعين *Z. richteri* و *Z. mellis* .

4- الجنس Hanseniaspora

هذه الخمائر من النوع المؤكسدة غير المرغوبة في الصناعات الغذائية كصناعة النبيذ والعصائر لانها تكون فيها نكهة غير مستحبة Off–flavour وهذه الخمائر تشبه الليمون في شكلها مع وجود نتوء في كل طرف .

ثانيا : الخمائر الغشائية Film yeasts

وتشمل هذه المجموعة اجناس عدة اهمها الجنس Debaromyces اذ تنمو هذه الخميرة على سطح الاغذية الحامضية والمخللات وتكون اغشية سطحية على اسطحها كما انها خمائر مؤكسدة تؤكسد الحامض وتهيء ظروفا مناسبة لنمو البكتريا التعفنية ، ولهذا الجنس القدرة في النمو في تراكيز عالية من الملح فتنمو على اللحوم المملحة وتتلفها .

ثالثا : الخمائر الكاذبة False yeasts

وهي الخمائر التي لا تكون سبورات جنسية Ascospores وبذلك تتبع صنف الفطريات الناقصة Deuteromycetes ومن اهم الاجناس التابعة لها هي :

1- جنس Mycoderma

خمائر مؤكسدة Oxidative yeasts تنمو مكونة اغشية على المخللات والنبيذ والجبن والبيرة .

2- جنس Candida

خمائر مؤكسدة تكون اغشية على اسطح الاغذية الحامضية والمخللات ، بعض انواع هذا الجنس تحلل الدهون لذلك تستخدم في انضاج الاجبان مثل الجبن الازرق (الريكفورت) خاصة النوع *C. lypolytica* في حين نمو هذا النوع على الزبد والدهون يؤدي الى تزنخها ، كما ان النوع *C. utilis* يستخدم في انتاج البروتين احادي الخلية ، اما النوع *C. krusei* فهو يعيش في بادئات الالبان معيشة تكافلية مع بكتريا حامض اللاكتيك فيعمل على اكسدة الحامض واختزال كمية الاوكسجين ويكون عوامل نمو تشجع بكتريا حامض اللاكتيك .

3- جنس Rhodotorulia

يطلق على هذه الخمائر بالخمائر الملونة Pigmented yeasts اذ تكون بقعا وردية اللون على الاغذية مثل اللحوم والخضر المخللة .

4- جنس Brellanomyces

شكل هذه الخمائر مقوس وتتحمل هذه الخمائر التراكيز العالية من الاملاح والكحول ولهذا تفسد الاغذية المملحة والمشروبات الكحولية .

د. طارق زياد ابراهيم

الاحياء المجهرية التي لها علاقة بالاغذية:

البكتريا Bacteria

تعتبر البكتريا من اكبر مجاميع الاحياء المجهرية انتشارا في الاغذية اذ تنمو وتتكاثر وتحلل مكونات الغذاء من البروتينات والدهون والسكريات الى مواد اقل تعقيدا ولكنها ذات ضرر كبير على الاغذية المتحللة كتغير النكهة والرائحة واللون ، ومن جانب اخر فان لها دور كبير في انتاج بعض الاغذية مثل الانضاج وانتاج مركبات نكهة . وقد تتلوث الاغذية ببعض انواعها المسببة للامراض مما يجعل تناول الغذية الملوثة بها مصحوبا بمخاطر صحية للمستهلك .

الصفات الشكلية لبكتريا الاغذية

اهم الصفات الشكلية للبكتريا يتم التعرف عليها بمساعدة الفحص المجهري مثل الشكل والحجم وتفاعل الخلايا مع صبغة كرام ومن هذه الصفات :

1- انتاج الخلايا للكبسولة Encapsulation

هذه الصفة تاتي من قدرة بعض الانواع البكتيرية على انتاج غلاف خارجي او كبسولة او مخاط يحيط بخلاياها من الخارج والتي لها دور كبير في مقاومة البكتريا للظروف غير الملائمة كالحرارة والمواد الكيميائية ، وتعتمد كمية الكبسولة المنتجة على نوع الظروف المؤثرة ونوع الغذاء ايضا النامية عليه . ان زيادة انتاج الكبسولة في البكتريا المتواجدة في الاغذية يؤدي الى ظهور الملمس اللزج او الخيطي (المخاطي) فيها نتيجة لذلك Ropiness .

2- تكوين السبورات الداخلية Endospores

ينتج جنسا البكتريا Bacillus و Clostridium سبورات داخلية مما يجعلها ذات صفة تختلف عن باقي انواع البكتريا ، تختلف الانواع المنتجة للسبورات في مقاومتها للظروف المتطرفة مثل الحرارة والجفاف وغيرها وبشكل عام فان السبورات تكون اكثر مقاومة للظروف المتطرفة والمواد الكيمياوية من الخلايا الخضرية ، يحدث انتاج السبورات في المرحلة المتاخرة من اطوار نمو البكتريا عندما تقل المغذيات ويزداد تركيز المواد الضارة ونواتج الايض الثانوية في الوسط ، ويمكن تشجيع انتاج السبورات باستخدام بعض المركبات الكيمائية الخاصة . وان اهم ما يحفز انتاج السبورات هو وجود او عدم وجود الاوكسجين وكذلك تغير حموضة الوسط

وعدم توفر درجة الحرارة المثلى للنمو ووجود بعض الايونات مثل المنغنيز ، فبتاثير هذه العوامل يتحول بروتين السايتوبلازم الى بروتين سبوري (اكثر كثافة) وتنتج انزيمات خاصة بهذه المرحلة وتنتج مواد متخصصة مثل حامض Dipicolinic acid وحامض Glucoseamine muramic acid .

انبات السبورات يعتمد على توفر الظروف الملائمة لنمو الخلايا الخضرية ، وقد يحدث الانبات تحت ظروف لاتسمح بنمو الخلايا الخضرية مثل درجات الحرارة المنخفضة ، وان درجة الحرارة وفترة التنشيط الحراري لعملية الانبات تعتمد على نوع السبورات فانواع السبورات الثرموفيلية تتطلب توفر حرارة اعلى من السبورات الميزوفيلية . يمكن تثبيط عملية الانبات باضافة بعض المواد مثل اضافة حامض السوربيك في pH حامضي وايضا باضافة الايونات الموجبة الثنائية او اضافة النشا او اضافة بعض الاحماض الدهنية مثل الاوليك واللنوليك . قد تنبت بعض السبورات ولكنها قد تخفق في استئناف النمو الاعتيادي وعندها قد تحتاج الى بيئة غنية لتنميتها .

3- تكوين التجمعات الخلوية Cell aggregation

وهي صفة خاصة ببعض انواع البكتريا اذ تكون سلاسل طويلة او تجمعات تحت ظروف خاصة ، ومن الصعب القضاء على الخلايا المتجمعة مقارنة مع القضاء على الخلايا المنفردة لنفس النوع .

وتكون بعض الانواع من البكتريا الاغشية الخلوية Biofilms على اسطح الاغذية او في داخلها وهي تساعدها على مقاومة الظروف غير الملائمة المختلفة ، اذ تنتج بعض انواع البكتريا مركبات تحفز الخلايا المحيطة بها من نفس نوعها على تكوين هذه الاغشية بتجمعها وانتاج مواد لاصقة تثبتها على اسطح الاغشية وتحميها من المواد الكيميائية التي قد تثبط او تقتل خلاياها ولذلك فان بعض المواد المثبطة للخلايا المنفردة او الحرة غير المنتظمة بغشاء تكون غير فعالة ضد الخلايا المنتظمة في غشاء وكذا بالنسبة لمعاملتها بالحرارة والاشعاع وغيره من وسائل حفظ الاغذية .

الصفات الفسلجية

العوامل البيئية المؤثرة في نمو البكتريا تتضمن الرطوبة والحرارة ووجود الاوكسجين ووجود المواد المثبطة ، وان محصلة هذه العوامل مجتمعة هي التي تحدد اي انواع البكتريا هي التي تنمو وباي سرعة سيكون نموها والتغييرات التي سوف تحدث في الغذاء ونوعها وسرعة حدوثها .

1- الرطوبة :

تحتاج البكتريا بشكل عام توافر الماء المتاح اكثر مقارنة مع الخمائر والاعفان واحتياج الماء يختلف حسب الجنس البكتيري والنوع والسلالة وايضا يختلف حسب اختلاف الظروف الاخرى مثل الحرارة ونوع الغذاء ووجود المواد المثبطة وتوافر الاوكسجين والحموضة .

2- درجات الحرارة :

لكل مكروب درجة حرارة مثلى Optimum temperature عندها يكون معدل النمو افضل ما يمكن ، وتختلف درجة الحرارة المثلى لكل نوع وحسب تحمله لدرجات الحرارة ولذا تقسم البكتريا الى :

أ- البكتريا المحبة للحرارة المنخفضة Psychrophilic bacteria : ويطلق على البكتريا التي تنمو في درجات حرارة منخفضة 8 °م (درجة حرارة الثلاجة).

ب- البكتريا المحبة للحرارة المعتدلة Mesophilic bacteria : وهي تطلق على البكتريا التي تفضل النمو في درجة حرارة ما بين 20 – 45 °م .

ت- البكتريا المحبة للحرارة المرتفعة Thermophilic bacteria : وهي الانواع التي تنمو في درجات حرارة اعلى من 55 °م ، وقد تكون البكتريا المحبة للحرارة اختيارية Facultative او اجبارية Obligative .

3- الاس الهيدروجيني :

تختلف البكتريا في الاس الهيدروجيني الذي تحتاجه في النمو فمنها ما يحتاج الى الاس الهيدروجيني المتعادل ومنها ما يحتاج الى الاس الهيدروجيني الحامضي .

4- الاوكسجين :

تقسم البكتريا الى ثلاث انواع اعتمادا على احتياجها للاوكسجين :

أ- بكتريا هوائية Aerobic : وهي الانواع التي تنمو بوجود الاوكسجين .

ب- بكتريا لا هوائية Anaerobic : لا تحتاج الاوكسجين وتفضل النمو في غيابه .

ت- بكتريا لا هوائية اختيارية Facultative anaerobic : وهي البكتريا التي تنمو بوجود الاوكسجين او غيابه .

5- المواد المثبطة :

تؤدي المواد المنتجة من البكتريا عند تراكمها الى ايقاف نمو خلاياها ، وقد توقف نشاط بعض انواع البكتريا المتواجدة معها على نفس الغذاء . وقد تحتوي بعض الاغذية على مركبات كيميائية في تركيبها تعمل على تثبيط نمو البكتريا .

وبصورة عامة فان للعوامل المختلفة تاثيرا في نمو البكتريا والتي يتلخص منحنى نموها بالمراحل في الشكل التالي :

مرحلة التأقلم Lag phase : لا يحدث تكاثر في هذه المرحلة بل نشاط داخلي في الخلايا تساعدها على التأقلم لظروف النمو المختلفة المتوفرة في الوسط .

مرحلة النمو اللوغارتمي Log phase : وهي مرحلة الانقسام وازدياد اعداد الخلايا لوغارتميا طالما ان الظروف ملائمة للنمو وبالتالي يكون النمو متزايدا وسريعا .

مرحلة الثبات Stationary phase : يقل معدل التكاثر ليتوازن مع معدل موت الخلايا ولذا يكون معدل النمو ثابتا .

مرحلة الموت والانحلال Decline or death phase : وفيه تزداد معدلات الخلايا المنحلة وتقل فيه اعداد الخلايا الحية .

مجاميع البكتريا المهمة في الاغذية

غالبا ما تصنف البكتريا المهمة في الاغذية اعتمادا على اساس الصفات التي تجمع بينها ، وليس على التصنيف العام لها ، ومن الملاحظ ان بعض انواع البكتريا قد تشترك في صفتين او اكثر من المجاميع المهمة في الاغذية .

1- بكتريا حامض اللاكتيك Lactic acid bacteria

تضم كل الانواع التي لها القدرة على تخمير سكر اللاكتوز وانتاج كميات كبيرة من حامض اللاكتيك ، وتتواجد هذه البكتريا في الحليب ومنتجاته وفي النباتات المخللة وفي اللحوم والخضر والفواكه والعصائر والحبوب وفي فم وامعاء الانسان ، وتخمر هذه البكتريا اللاكتوز بطريقتين :

التخمير المتجانس Homofermentation : وبهذه الطريقة من التخمر يتحول 90% من سكر اللاكتوز الى حامض اللاكتيك ويكون هو الناتج الاساسي لعملية التخمر وقد تتكون كميات قليلة من حامض الخليك وحامض الفورميك .

التخمير غير المتجانس Heterofermentation : وفيه يتحول 50% من سكر اللاكتوز الى حامض اللاكتيك 25% من السكر يتحول الى ثاني اوكسيد الكاربون و 25% الى حامض الخليك او الايثانول .

تنتمي البكتريا المنتجة لحامض اللاكتيك للاجناس التالية :

Streptococcus , Pediococcus , Bacillus , Micrococcus , Escherichia , Lactobacillus.

2- بكتريا حامض الخليك Acetic acid bacteria

تنتج حامض الخليك كناتج اساس ، اذ تقوم باكسدة كحول الايثانول الى حامض الخليك واهم جنس يقوم بهذه الاكسدة هو Acetobacter .

3- بكتريا حامض البيوتريك Butyric acid bacteria

اغلبها لاهوائية منتجة للسبورات تتبع الجنس Clostridium .

4- بكتريا حامض البروبيونك Propionic acid

اغلبها تتبع الجنس البكتيري Propionibacterium الذي يستخدم كبادئ في تصنيع الجبن السويسري لتعطيه نكهة حامض البروبيونيك المميزة اذ تقوم هذه البكتريا بتحويل حامض اللاكتيك المتكون في الجبن نتيجة تخمر سكر اللاكتوز من قبل بكتريا حامض اللاكتيك الى حامض البروبيونيك (نكهة الجبن السويسري المميزة) وغاز ثاني اوكسيد الكاربون (الثقوب المتواجدة في الجبن) .

5- البكتريا المحللة للبروتينات Proteolytic bacteria

وهذه تشمل مجموعة كبيرة من اجناس البكتريا التي لها القدرة على انتاج انزيم البروتينيز Proteinase خارج خلاياها وبهذا تحلل البروتينات ومن الاجناس التي تتبع هذه المجموعة هي النوع الهوائي المنتج للسبورات *Bacillus cereus* وايضا النوع اللاهوائي المنتج للسبورات *Clostridium sporogenes* ومنها انواع ايضا لا هوائية غير منتجة للسبورات مثل النوع *Pseudomonas fluorescens* وعموما فان انواعا كثيرة من الاجناس Proteus و Pseudomonas و Clostridium و Bacillus لها القدرة على تحليل البروتينات .

6- البكتريا المحللة للدهون Lipolytic bacteria

تشمل مجموعة كبيرة من البكتريا وهي تنتج انزيم المحلل للدهن Lipase الذي يحلل الدهن تحليلا مائيا الى الاحماض الدهنية الحرة وكليسرول ومن الاجناس المحللة للدهون Pseudomonas و Micrococcus و Alcaligenes و Serratia و Achromobacter .

7- البكتريا المحللة للسكريات Saccharolytic bacteria

هذه البكتريا تحلل السكريات الثنائية او المعقدة الى سكريات ابسط مثل *Clostridium butyricum* و *E. coli* وهناك عدد محدود من البكتريا لها القدرة على تحليل النشا Amylolytic bacteria اذ تنتج انزيم الاميليز خارج الخلايا ويحلل النشا تحليلا مائيا مثل الانواع *Bacillus subtilis* و *Clostridium butyricum* كما ان هناك انواعا قليلة من البكتريا لها القدرة على تحليل السليلوز تحللا مائيا .

8- البكتريا المحللة للبكتين Pectolytic bacteria

ومنها ما ينتج انزيم البكتنيز Pectinase وبذلك يحلل البكتين وتفقد الانسجة النباتية صلابتها ويعطي نعومة في انسجتها ومنها انواع تابعة للجنس Bacillus و Erwinia و Clostridium .

9- البكتريا المعوية Intestinal Bacteria

وهذه تقع تحت العائلة المعوية Enterobacteriaceae ولها علاقة كبيرة بالاغذية اذ تلوثها وتسبب فسادها وبعضها يسبب المرض للمستهلك كما انها تستعمل للدلالة على تلوث المياه والاغذية بمياه المجاري ، ومن اهم اجناسها :

أ- بكتريا القولون Coliform bacteria : وتشمل الجنسين Escherichia و Enterobacter وتتواجد في امعاء الانسان والحيوان ووصولها الى الاغذية يعتبر دليلا على التلوث ، ولها اهمية في الاغذية لما يلي :

1- تنتج احماضا وغازات ومواد ذات طعم ونكهة غير مرغوبة في الاغذية .
2- بعض سلالات بكتريا Enterobacter تنتج مواد صمغية لزجة في الالبان وذلك بسبب تكوينها مواد تدخل في تركيب الكبسولة .
3- تستخدم أدلةً لتلوث الاغذية بالبراز Pollution Indicators واحتمال تواجد البكتريا المرضية فيها وخاصة النوع *E. coli* .

ب- جنس Erwinia : هذه البكتريا تنتج انزيم البكتنيز الذي يحلل البكتين الذي يربط الخلايا النباتية ببعضها وبذلك تتفكك الانسجة النباتية وتتحلل وتصبح رخوة وهو ما يطلق عليه بالتعفن البكتيري الرخو Soft bacterial rot .

ج- Serratia : تفسد انواع هذا الجنس الاغذية البروتينية كالحليب واللحوم بانواعها والبيض والخبز بتكوينها بقعا حمراء Red spot وتحول لون الخبز الى اللون الاحمر وهو ما يسمى بالخبز الدموي Bloody or red bread .

د- جنس Proteus : وهو جنس ذو نشاط كبير في تحليل البروتينات ولهذا هو المسؤول عن تعف الاغذية البروتينية Putrefaction

هـ- جنس Salmonella و Shigella : كثير من انواع الجنسين يسبب التسمم الغذائي السالمونيلي Salmonellosis مثل حمى التايفوئيد والباراتايفوئيد و التسمم الغذائي الشايكيلي Shigellosis وهما ينتقلان عن طريق الاغذية الملوثة والالبان .

الاحياء المجهرية الاخرى

هنالك انواع اخرى من الاحياء المجهرية التي تتواجد في الاغذية والتي قد تسبب المرض للمستهلكين ومنها الريكيتسيا Rickettesia والفيروسات Viruses والطفيليات Parasites ، فالريكستسيا هي كائنات تقع بين البكتريا والفيروسات فهي اصغر حجما من البكتريا ولا يمكن تنميتها بالمختبرات الاعتيادية لانها طفيليات اجبارية Intracellular obligate parasites واهمها هو النوع *Coxiella burnetii* والذي ينتقل الى الانسان عن طريق الحليب ليسبب حمى كيو Q–fever للانسان ، ولذا فقد اعتمد القضاء عليه من اولويات عملية بسترة الحليب .

اما بالنسبة للفايروسات فانها تنتقل الى الانسان عن طريق تلوث الاغذية بها وتسبب له الامراض ومن اهم الامراض الفايروسية التي تصيب الانسان هي التهاب الكبد الفايروسي Hepatitis وفايروس شلل الاطفال .

د. طارق زيد ابراهيم

الاحياء المجهرية في اللحوم Meat Microbiology

العوامل المؤثرة في نمو الاحياء المجهرية في اللحوم

مصادر تلوث اللحوم

الاحياء المجهرية الملوثة للحوم

اللحم المفروم

فساد اللحوم بفعل الاحياء المجهرية

- **فساد اللحوم تحت الظروف الهوائية**
- **فساد اللحوم تحت الظروف اللاهوائية**

حموضة اللحم

تعفن اللحوم Putrefaction

د. طارق زيد ابراهيم

الاحياء المجهرية للاسماك

مصادر تلوث الأسماك

فساد الأسماك وعلامات الفساد الشائعة

العوامل المؤثرة على نوع وشكل فساد الأسماك

الاحياء المجهرية المسببة لفساد الأسماك

د. طارق زند ابراهيم

الاحياء المجهرية في لحوم الدواجن والبيض

الاحياء المجهرية المسببة لفساد لحوم الدواجن

العوامل المحددة لتلوث لحوم الدواجن

اشكال فساد لحوم الدواجن

البيض والبيض الطازج

د. طارق زند ابراهيم

الفساد المكروبي للأغذية Food spoilage

تعريف الفساد Spoilage

أسباب فساد الأغذية

قابلية الأغذية للفساد

- الأغذية سريعة التلف
- الأغذية بطيئة التلف
- الأغذية عديمة التلف

العوامل المؤثرة في فساد الأغذية

د. طارق زيد ابراهيم

الفساد المكروبي للمعلبات

الفساد الكيميائي للمعلبات

الفساد البايولوجي للمعلبات

الفساد البكتيري

- الفساد الناتج عن التلوث بالبكتريا المحبة للحرارة العالية المنتجة للسبورات الهوائية
  1- الفساد الحامضي المسطح
  2- الفساد اللاهوائي
  3- الفساد الكبريتي النتن
- الفساد الناتج عن البكتريا المنتجة للسبورات المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة
- الفساد الناتج عن البكتريا المحبة لدرجات الحرارة المعتدلة غير المنتجة للسبورات
- فساد المعلبات بالخمائر والاعفان

د. طارق زيد ابراهيم

فساد الحبوب ومنتجاتها

اهم الاحياء المجهرية المسببة لفساد الطحين ومنتجاته

فساد الخبز بالاحياء المجهرية

اشكال فساد الخبز بالاحياء المجهرية

1- فساد الخبز بالاعفان
2- فساد الخبز بالبكتريا

العوامل المساعدة على التقليل من فساد الخبز

د طارق زيد ابراهيم

فساد الفواكه والخضر والمواد السكرية

اهم الاحياء المجهرية المسببة لفساد الفواكه والخضر

أنواع فساد الفواكه والخضر

اهم الاحياء المجهرية المسببة لفساد المواد السكرية

الدبس

العسل

المربى