13 - 1 مقـــــدمة

تتدهور الأغذية بدرجات متفاوتة أثناء تخزينها، ويوضح جدول رقم 13 - 1 العمر التخزيني لبعض الأغذية المخزنة على درجة حرارة 21°م (70° ف) مع ثبات باقي العوامل المؤثرة.

جدول رقم 13 - 1 : العمر التخزيني لبعض الأغذية النباتية والحيوانية على درجة حرارة 21°م (70° ف).

المادة الغذائيـــة	العمر التخزيني على درجة حرارة 21°م (70° ف) (بالأيـــام)
لحـــوم	2 - 1
أسمـــاك	2 - 1
دواجـــن	2 - 1
أسماك أو لحوم مجففة أو مدخنة	360 وأكثر
فاكهـــة	7 - 1
فاكهة مجففة	360 وأكثر
خضروات ورقية	2 - 1
درنات أو محاصيل جذرية	20 - 7
بذور جافة	360 وأكثر

المصدر : Potter and Hotchkiss (1995)

وفى كثير من البلاد تكون درجة الحرارة أعلى من 21°م (70° ف) وبالتالى يقل العمر التخزيني لهذه الأغذية ويحدث فقد نسبة كبيرة من الغذاء المتاح خاصة فى البلاد النامية. ومن ثم يجب العمل على تقليل تدهور الأغذية لحفظها فترات أطول بحالة جيدة وذلك عن طريق السيطرة على العوامل المسببة لهذا التدهور.

ويرجع السبب فى تدهور وفساد الأغذية لعدة عوامل وهذه العوامل قد تكون حيوية (الأحياء الدقيقة خاصة البكتريا والأعفان والخمائر – الإنزيمات – الحشرات والقوارض

والطفيليات) أو كيماوية (تفاعلات مكونات الغذاء مع بعضها البعض أو الأكسدة بواسطة الأكسجين الجوى) أو طبيعية (مثل التلف الفيزيقى أو الميكانيكى للغذاء – فقد وأكتساب رطوبة – تأثير درجة الحرارة – الضوء) . وغالباً نجد أن هذه العوامل لا تؤثر على الأغذية منعزلة بعضها عن بعض ، فمثلاً نجد أن الأحياء الدقيقة والحشرات والضوء تعمل معاً فى وقت واحد لتفسد الغذاء فى الحقل أو أثناء التخزين، كما أن الحرارة والرطوبة والهواء تعمل معاً فى وقت واحد لتؤثر على نمو الأحياء الدقيقة وكذلك تؤثر على نشاط تفاعلات الإنزيمات الموجودة فى الغذاء نفسه وأيضاً التفاعلات الكيماوية داخل الغذاء. ومن ثم فإنه قد تحدث أشكالاً مختلفة من تدهور الغذاء فى نفس الوقت، ويعتمد ذلك على نوع الغذاء والظروف البيئية المحيطة، ولذلك فإن الطريقة الفعالة لحفظ غذاء ما يجب أن تقلل أو تمنع تأثير كل هذه العوامل فى ذات الغذاء المراد حفظه. بيد أنه من المفيد أن نأخذ بعين الاعتبار كل عامل من هذه العوامل مستقلاً .. وفى هذا الباب سيتم إلقاء الضوء على واحد من أهم العوامل الحيوية المؤثرة على الأغذية ألا وهو الأحياء الدقيقة وسوف نتناول مناقشة ما يلى : أهم الأحياء الدقيقة فى الأغذية – مصادر تلوث الأغذية بالأحياء الدقيقة – العوامل المؤثرة على الأحياء الدقيقة – فساد الأغذية بالأحياء الدقيقة – طرق السيطرة على الأحياء الدقيقة فى الأغذية.

2 - 13 الوضع التقسيمى للأحياء الدقيقة

وجد المشتغلون بعلم الأحياء أن تقسيم جميع الكائنات الحية إلى قسمين هما النبات والحيوان يعتبر تقسيماً مريحاً، وما زال هذا التقسيم يعتبر كاملاً و وافياً لكثيرين حتى الآن.

ولكن بدراسة أشكال الحياة الموجودة على الأرض ثبت أن هذا التقسيم غير مرضى فمثلاً على الرغم من اشتراك الفطريات مع النباتات فى كثير من الصفات إلا أنه توجد إختلافات بيولوجية بينهما فالفطريات لا تستطيع تصنيع غذائها من الماء وثانى أكسيد الكربون عن طريق التمثيل الضوئى مثل النباتات بل تحتاج مواد عضوية ومنها تستخرج الطاقة اللازمة لها، كذلك فإن التركيب الخلوى يختلف فى الفطريات عن النباتات وكذلك البولمر Polymer الذى يتكون منه جدار الخلية يختلف عن ذلك الموجود فى النبات إختلافاً شديداً، لذلك وضعت الفطريات فى مملكة منفصلة وهى مملكة الفطريات Kingdom fungi .

وقد اقترح فى نهاية القرن التاسع عشر وضع الكائنات المجهرية وحيدة الخلية فى مملكة منفصلة أطلق عليها بروتستا Kingdom Protista . وخلال القرن العشرين حدث تقدم فى الدراسات المجهرية خاصة المجهر الإلكترونى مما ساعد فى دراسة التركيبات دون الخلوية Subcellular بالتفصيل مما أدى لاقتراح فصل مملكة البروتستا إلى مملكتين : الأولى تشمل الكائنات الأولية مثل البكتريا والتى تفتقر لوجود غشاء نووى مميز وسميت بروكريوت Prokaryotes وقد أشتق هذا الأسم من كلمتين يونانيتين هما Pro وتعنى قبل وkaryon وتعنى نواة وأطلق أسم مونيرا على هذه المملكة Kingdom Monere وهذه اللفظة مشتقة من الكلمة اللاتينية *Monera* والتى تعنى جديد. أما المملكة الثانية فظلت محتفظة بأسم بروتستا وهى تتبع الكائنات التى لها نواة حقيقية eukaryotes والأسم مشتق من الكلمتين اليونانيتين - eu وتعنى حقيقى و Kαryon وتعنى نواة. ومن ثم فإنه يوجد الآن خمس ممالك للكائنات الحية وهى:

Kingdom Monera (Prokaryotes)

Kingdom Protista
Kingdom Fungi (Eukaryotes)
Kingdom Plants
Kingdom Animals

ويوضح الجدول رقم 13 - 2 أهم الصفات المميزة لهذه الممالك الخمس.

ولما كان علم الأحياء الدقيقة (الكائنات الحية الدقيقة هى تلك الكائنات التى لها قطر أقل من 0.1 مم ولا ترى بالعين المجردة) هو عبارة عن دراسة صور الحياة المجهرية فإن ذلك يشمل دراسة مملكة Monera - Protista – الفطريات المجهرية microscopic fungi (تشمل الأعفان والخمائر) وهى تتبع مملكة الفطريات وذلك بالإضافة لدراسة الفيروسات التى تتطفل على كل من النباتات والحيوانات والبكتريا. وفى هذا الباب سوف يقتصر الحديث على الأحياء الدقيقة الهامة فى الأغذية وهى البكتريا والأعفان والخمائر.

جدول رقم 13 - 2 : أهم الصفات المميزة للممالك الخمس من الأحياء

أهم الصفات	الكائنات ذات النواة غير مكتملة النمو Prokaryotes	الكائنات ذات النواة الحقيقية Eukaryotes			
	Monera مونيرا	Protista بروتستا	Fungi الفطريات	Plants النباتات	Animals الحيوانات
عديدة الخلايا	-	-	+	+	+
غشاء حاجز للنواة	-	+	+	+	+
المادة النووية موجودة فى صورة DNA عارى	+	-	-	-	-
العضيات محددة بغشاء يفصلها عن السيتوبلازم	-	+	+	+	+
وجود جدار خلوى	+[1]	±	+[2]	+[3]	-
ذاتية التغذية	±	±	-	+	-
غير ذاتية التغذية	±	±	+	-	+
وجود بلاستيدات ملونة	-	±	-	+	-
وجود ميتوكوندريا	-[4]	+	+	+	+
وجود ريبوسومات	+[5]	+[6]	+[7]	+[8]	+[9]
التكاثر الجنسى	لا يشمل انقسام ميوزى أو ميتوزى	به انقسام ميوزى وميتوزى			
أمثلة	البكتريا والسيانوبكتريا	البروتوزوا والإيوجلينا	الأعفان والخمائر	النباتات الراقية	اللافقريات

+ = نعم ± = البعض - = لا

1 - يتكون أساساً من ببتيدو جلوكان وأحياناً من بولمرات أخرى.
2 - يتكون أساساً من الشيتين Chitin .
3 - يتكون أساساً من السليلوز.
4 - النظام التنفسى موجود فى الغشاء البلازمى.
5 - ريبوسومات صغيرة .
6 - ريبوسومات كبيرة فى السيتوبلازم وأصغر فى الميتوكوندريا والبلاستيدات (إن وجدت) .
7 - ريبوسومات كبيرة فى السيتوبلازم وأصغر فى الميتوكوندريا .
8 - ريبوسومات كبيرة فى السيتوبلازم وأصغر فى الميتوكوندريا والبلاستيدات.
9 - ريبوسومات كبيرة فى السيتوبلازم وأصغر فى الميتوكوندريا .

المصدر : معدل عن Heritage *et al.* (1996)

obeikandl.com

13 - 3 الأحياء الدقيقة الهامة فى الأغذية :

تتوقف أهمية الأحياء الدقيقة فى الأغذية على عدة عوامل أهمها : عدد ونوع الأحياء الدقيقة الموجودة – نوع الغذاء – المعاملات التى تعرض لها الغذاء – المعاملات أو ظروف التخزين التى سوف يتعرض لها الغذاء – تسخين الطعام قبل تداوله – الأشخاص الذين سوف يتداولون الطعام.

وقد تقوم الأحياء الدقيقة بواحد أو أكثر من الوظائف الأربع التالية : تحدث تغيرات غير مرغوبة – تسبب خطورة على صحة الإنسان – تحدث تغيرات مرغوبة – تكون خاملة. حيث قد يكون الغذاء بيئة غير مناسبة لنمو الميكروبات وبالتالى تظل خاملة دون نمو أو تكاثر، أما إذا كان الغذاء بيئة مناسبة لنمو الميكروبات فإنها تنمو وتتكاثر ونتيجة لذلك تحدث تغيرات غير مرغوبة (فساد الأغذية) أو قد تشكل خطورة على صحة الإنسان (التسمم الغذائى) أو تحدث تغيرات مرغوبة (مجال الصناعات الميكروبية). وسوف يقتصر حديثنا عن الكائنات الحية الدقيقة فى الأغذية على البكتريا والفطريات المجهرية (الأعفان والخمائر)، وقد أوضح التحليل الميكروبيولوجى للأغذية وجود العديد من البكتريا والأعفان والخمائر ولكننا سوف نهتم بالسائد منها والذى يسبب فساد الغذاء أو يكون مسبباً للتسمم الغذائى.

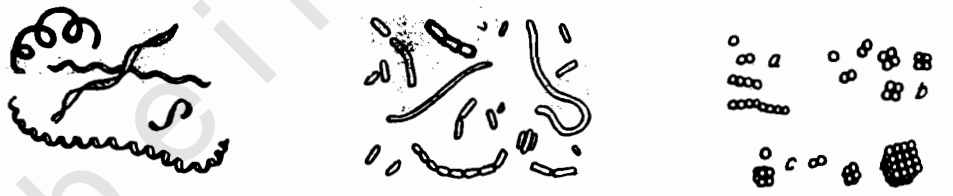
13 - 3 - 1 البكتـريا Bacteria

كلمة بكتريا bacteria (المفرد : بكتيريم bacterium) مشتقة من الكلمة اليونانية bacterion وتعنى عصا صغيرة، وطبعاً هذا لا يعنى أن أشكال البكتريا تكون عصوية فقط بل يوجد ثلاثة أشكال رئيسية للبكتريا هى الكروى cocci والعصوى bacilli والحلزونى spirl كما توجد أشكال أخرى مثل العصويات المنحنية vibrios والتسمية تعكس الحركة الإهتزازية vibrational motility لهذه البكتريا كذلك أمكن عن طريق المجهر الإلكترونى التعرف على الشكل العصوى الكروى coccobacilli، كما توجد بكتريا لها أشكال متعددة pleomorphic bacteria مثل أفراد الجنس *Corynebacterium* ، كما لوحظ أن تغير الشكل قد يرجع للظروف البيئية فمثلاً الجنس *Rhizobium* تكون خلاياه منتظمة الشكل إذا نميت فى بيئة صناعية أما إذا تم مشاهدة نفس البكتريا فى تحضيرات مجهرية للعقد الجذرية root nodules للنباتات التى تثبت النتروجين نجد أنها ذات شكل غير منتظم وتسمى بكتيرويدات bacteroides وتتراوح أطوال البكتريا من 0.1 إلى 10 ميكرومتر وإن كانت بعض

البكتريا الحلزونية قد تصل إلى 100 ميكرومتر فى الطول ولكن معظم البكتريا تكون أطوالها أقل من 5 ميكرومتر. ويوضح الشكل رقم 13 - 1 أهم أشكال الخلايا البكتيرية.

وعند تكاثر البكتريا (بالإنقسام الثنائى) ينتج عن ذلك تجمعات متعددة، فنجد أن البكتريا الكروية عندما تنقسم فى مستوى واحد تنتج تجمعات على شكل أزواج أو سلاسل مثل بعض أنواع الجنس *Streptococcus* وعندما تنقسم فى مستويين متعامدين فالتجمع الناتج يكون فى صورة رباعيات كروية tetracocci وإذا حدث الانقسام فى ثلاثة مستويات متعامدة تتكون كتل مكعبات مثل الجنس *Sarcina* وفى حالة الانقسام فى أى مستوى تتكون تجمعات تشبه العناقيد clusters مثل الجنس *Staphylococcus* (شكل رقم 13 - 1).

أما التجمعات الناتجة من البكتريا العصوية فإنها قد تكون فى صورة سلاسل طويلة إذا إصطفت الخلايا على طول المحور الطويل كما فى النوع *Bacillus anthrcis* أو قد تصطف الخلايا موازية لمحورها الأصلى كما فى الجنس *Corynebacterium* وقد أطلق على هذا التجمع اسم باليساد palisade والبعض أطلق عليه اسم الحروف الصينية Chinese letters أما الجنس *Streptomyces* فإنه يكون هيفات دقيقة تشبه هيفات الأعفان (شكل رقم 13 - 1). والجدير بالذكر أن البكتريا الموجودة فى تجمعات تكون أكثر مقاومة للحرارة بالمقارنة بالخلايا المفردة.



بكتريا كروية فردية وتجمعات على شكل أزواج وسلاسل (a) ورباعيات (b) ومكعبات (c).

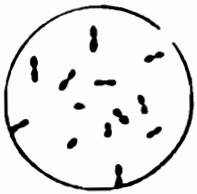
بكتريا عصوية بأحجام مختلفة

بكتريا حلزونية.

شكل رقم 13 - 1 : بعض أشكال الخلايا البكتيرية وتجمعاتها

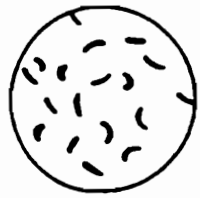
المصدر : Heritage *et al* . (1996) - Banwart (1989)

obeikandl.com



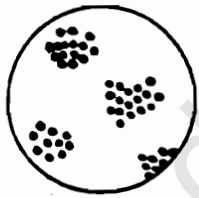
Streptococcus pneumoniae
(كروية فى أزواج)

البكتيرويدات الخاصة بالبكتريا
Rhizobium trifolii



Vibrio cholerae
(عصويات منحنية)

Bacillus anthracis
(عصويات فى سلاسل طويلة)



Staphylacoccus aureus
(كروية فى صورة عناقيد)

Streptococcus pyogenes
(كروية فى أزواج وسلاسل)

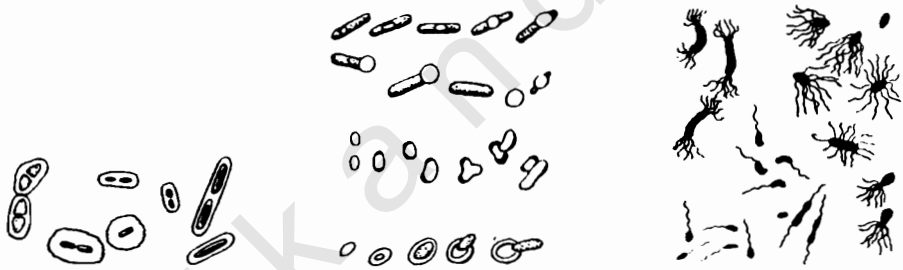
Streptomyces viridochromgenes
(هيفـــات)

Corynebacterium diphtheriae
(الحروف الصينية)

تابع شكل رقم 13 - 1 : بعض أشكال الخلايا البكتيرية وتجمعاتها
المصدر : Heritage *et al*. (1996) - Banwart (1989)

obeikandl.com

تتكون بعض التراكيب التى تميز بعض أنواع البكتريا من حيث الشكل الظاهرى فبعض الأنواع تكون سياطاً flagella تستخدم فى الحركة والبعض الآخر يكون غلافاً capsule وعادة ما يتكون من عديد السكاكر أو دكسترين أو دكستران أو ليفان levan . ويعتبر الغلاف كمخزن للمغذيات للخلية البكتيرية .. أما فى مجال الأغذية فإن وجود الغلاف يسبب لزوجة sliminess أو غروية وأيضاً يزيد من مقاومة خلايا البكتريا للمعاملات الحرارية وبعض الأنواع البكتيرية تكون أبواغاً تسمى بالأبواغ الداخلية endospores وذلك مثل الجنس *Bacillus* والجنس *Clostridium* والأبواغ أكثر مقاومة للظروف البيئية من الخلايا الخضرية وتظل الأبواغ كامنة لفترة طويلة حتى تتوفر الظروف البيئية المناسبة فتنبت وتخرج الخلية الخضرية ويوضح شكل رقم 13 - 2 بعض التراكيب المختلفة فى البكتريا.



بكتريا لها سياط　　بكتريا مكونة للأبواغ الداخلية　　بكتريا لها غلاف

شكل رقم 13 - 2 : بعض التراكيب المختلفة فى البكتريا

المصدر : Banwart (1989)

وفيما يلى عرض لأهم الأجناس البكتيرية مقسمة إلى مجموعات أو أقسام Sections حسب تفاعلها مع صبغة جرام واحتياجها للهواء وشكلها الظاهرى وتكوين الأبواغ وذلك طبقاً للتقسيم الحديث المتبع فى الطبعة التاسعة للمرجع Bergey's Manual of Syst. Bact.

obeikandl.com

والذى ظهر فى أربعة مجلدات volumes (الأول عام 1984 والثانى عام 1986 والثالث والرابع عام 1989) حيث تم تقسيم البكتريا إلى 33 مجموعة أو قسما section . وقد روعى فى التقسيم المتبع فى هذا الباب ترتيب الأجناس التابعة لكل مجموعة أو قسمsection أبجدياً مع كتابة رقم بين قوسين بجوار كل مجموعة (بجوار الإسم الخاص بكل مجموعة باللغة الإنجليزية) يدل على رقم القسم فى المرجع المشار إليه سالفاً. والجدير بالذكر أن البكتريا الهامة فى مجال الأغذية تقع فى عشر أقسام أو مجموعات فقط (أرقام 2 . 4 . 5. 6 . 12 . 13 . 14 . 15 . 16 . 29) وفيما يلى عرض لهذه المجموعات section وأهم الأجناس التابعة لكل مجموعة.

13 - 3 - 1 - 1 البكتريا غير المكونة للأبواغ

أولاً : البكتريا السالبة لصبغة جرام الهوائية العصوية والكروية

Gram - Negative Aerobic Rods and Cocci (section 4)

وفيما يلى عرض موجز للأجناس الهامة فى مجال الأغذية التابعة لهذا القسم:

1 - *Acetobacter*

عصويات مستقيمة أو منحنية قليلاً والخلايا صغيرة العمر تكون سالبة لصبغة جرام بينما خلايا المزارع القديمة تعطى تفاعلاً متبايناً مع صبغة جرام. قد تكون متحركة بواسطة سياط محيطة بالخلية أو غير متحركة. تتميز بقدرتها على أكسدة الكحول إلى حامض خليك. تتواجد فى الخضروات والفاكهة وتشارك فى حموضة عصائر الفاكهة.

2 - *Alcaligenes*

عصويات – عصويات كروية – كرويات متحركة بواسطة أربعة إلى ثمانية سياط محيطة بالخلية، موجبة لاختبار الأوكسيديز ومنتشرة فى الطبيعة. من اسمها يمكن الاستدلال على وجود تفاعل قلوى يحدث فى البيئة. تشارك فى فساد الأغذية البروتينية مثل البيض ومنتجات الألبان، ولكن ليس لها نشاط بروتيوليتى فى بيئات الكازين والجيلاتين.

Alteromonas - 3

تم حديثاً تصنيف عدة أنواع تابعة للجنس *Pseudomonas* على أنها تابعة للجنس *Alteromanas* وهى كائنات شائعة فى البيئة البحرية، متحركة بواسطة سياط طرفية تتواجد على الأسماك وتسبب فسادها كما تم عزلها من اللحم المفروم.

Brucella - 4

عصويات قصيرة غير متحركة بعض أنواعها تسبب أمراضاً للحيوانات المختلفة وأيضاً تعتبر ممرضة للإنسان حيث تسبب الحمى المتموجة brucellosis (undulant fever). وينتقل المرض من الإنسان الحامل للميكروب أو الحيوان خلال بعض الأغذية مثل اللبن الخام ومنتجات الألبان غير المعاملة حرارياً واللحم غير المطبوخ ومنتجات السجق. ومعظم حالات المرض تنحصر فى العاملين فى مصانع تعبئة اللحوم ومربى الحيوانات أو البيطريين ومفتشى الأغذية.

Flavobacterium - 5

تشمل أنواع هذا الجنس عصويات غير متحركة تنتج أصباغاً صفراء أو برتقالية أو صفراء مخضرة وتؤثر العوامل البيئية (درجة الحرارة ونوع الغذاء الذى تنمو عليه هذه الأنواع) على تخليق ولون هذه الصبغات. تنمو أفراد هذا الجنس على درجات حرارة أقل من 30° م (86° ف) إلا أن بعض السلالات يمكنها النمو على 37° م (99° ف) . أمكن عزل أنواع من هذا الجنس من الماء والتربة والحيوانات والإنسان ومنتجات متنوعة من الأغذية ويمكن لهذه الأنواع أن تسبب فساد لون بعض الأغذية . وجدت هذه الكائنات على الخضروات المجمدة بعد تفكيكها وعلى الخضروات الطازجة والأسماك المبردة والحيوانات الصدفية المائية واللحوم ومنتجاتها والدواجن والبيض.

Gluconobacter - 6

يمثل هذا الجنس النوع *G. oxydans* وتتواجد خلاياه العصوية مفردة أو فى أزواج أو سلاسل، ويؤكسد الإيثانول إلى حامض خليك. يتواجد فى كثير من الأغذية مثل الخضروات، الفاكهة، خميرة الخباز، الخل ويشارك فى فساد الفاكهة حيث يسبب حموضتها.

obeikandl.com

7 - *Halobacterium*

تحتاج هذه البكتريا إلى تركيزات عالية من الملح (15 ٪) لكى تنمو ولذلك فهى محبة للملوحة إجباراً obligate halophiles ولا تستطيع النمو على معظم الأغذية نظراً لاحتياجها لوسط به ملوحة مرتفعة، ولكن يمكنها النمو فى الأغذية المحفوظة بالتمليح فتحدث تغيراً غير مرغوب فى لون هذه الأغذية – نظراً لإنتاجها صبغات حمراء – والجدير بالذكر أن تركيز الملح المنخفض يتسبب فى تغيير شكل أفراد هذا الجنس من العصوى إلى الكروى.

8 - *Pseudomonas*

عصويات مستقيمة أو منحنية متحركة بواسطة سياط طرفية، وهذه البكتريا لها نشاط كيموحيوى مميز حيث يمكنها مهاجمة مركبات متنوعة من المواد العضوية بما فى ذلك المركبات الأروماتية؛ ولها القدرة على بناء الثيتاميينات وعوامل النمو اللازمة لها، وبعض الأنواع مثل *P. aeruginosa* يمكنه النمو فى الماء المقطر. تنتج هذه البكتريا أنزيمات الكتاليز والأوكسيديز بالإضافة لإنتاجها للإنزيمات المحللة للبروتين والمحللة للدهون والتى تؤدى لفساد الأغذية خاصة الأغذية الحيوانية المبردة، والبعض من أفراد هذا الجنس يمكنه إنتاج الإنزيمات المحللة للبكتين والتى تسبب التعفن الطرى فى بعض الخضروات. تحتاج نشاط ماء (A_w) مرتفعاً (0.97 إلى 0.98) ولا يمكنها النمو على درجة حرارة أعلى من 43°م (109° ف) .

بعض أنواع هذا الجنس ينتج أصباغ فلورسنتية ذائبة فى الماء (pyoverdine or fluorescein) ويمكن مشاهدة هذه الأصباغ على الأغذية الفاسدة باستخدام ضوء الأشعة فوق البنفسجية وعادة تكون خضراء – صفراء ولكنها قد تظهر باللون الأزرق أو البرتقالى ويعتمد ذلك على النوع species والعوامل البيئية.

النوع *P. aeruginosa* يسبب تسمماً غذائياً والنوع *P. cocovenenans* يسبب تسمماً غذائياً غير تقليدى حيث ينتج ذيفانين (سُمين) لهما وزن جزيئ منخفض (toxoflavin , bonkrekic acid) .

أفراد هذا الجنس واسعة الانتشار فى الطبيعة وتتواجد على المنتجات الحيوانية والنباتية

ويعتقد أن الخضروات الخام تعتبر بمثابة مصدر هام لانتقال هذه الميكروبات إلى القناة الهضمية للإنسان. الأنواع التى يمكنها النمو على درجات الحرارة المنخفضة psychrotrophes وجدت على معظم الأغذية المبردة والمجمدة وحيث أن هذه البكتريا غير مقاومة للحرارة فإنها لا تتواجد فى الأغذية المعاملة حرارياً إلا إذا تلوثت هذه الأغذية بعد المعاملة الحرارية كذلك فإن هذه البكتريا غير مقاومة للتجفيف وأيضاً حساسة لأشعة جاما.

ثانياً : البكتريا السالبة لصبغة جرام اللاهوائية اختيارا العصوية

Facultatively Anaerobic Gram - Negative Rods (section 5)

تضم هذه المجموعة عدة أجناس هامة فى مجال الأغذية البعض منها تتبع عائلة *Enterobacteriaceae* وأهم هذه الأجناس ما يلى : *Enterobacter - Citrobacter - Serratia – Salmonella – Proteus – Klebsiella – Escherichia – Erwinia – Yersinia – Shigella*. والبعض منها يتبع عائلة *Vibrionaceae* وأهم أجناسها *Vibrio - Aeromones* . وفيما يلى نبذة مختصرة عن كل جنس من هذه الأجناس:

1 - *Aeromonas*

خلايا هذا الجنس عصوية ونهايتى الخلية دائرية rounded ends والخلايا متحركة بواسطة سياط طرفية، موجبة لاختبار الكتاليز واختبار الأوكسيديز ولها القدرة على اختزال النيترات والاختباران الأخيران يميزا هذا الجنس عن عائلة *Enterobacteriaceae*. عزلت أفراد هذا الجنس من البيئة المائية وتتواجد فى الأسماك والمنتجات البحرية الأخرى وقد تلعب دوراً فى فساد الأسماك كما أن بعض أنواع هذا الجنس يسبب التسمم الغذائى للإنسان، درجة الحرارة المثلى لنموه 22 °م إلى 28 °م (72 – 82 °ف).

2 - *Citrobacter*

عصويات متحركة (بواسطة سياط محيطة بالخلية) تستهلك السترات كمصدر وحيد للكربون وتخمر اللاكتوز. تتواجد فى كثير من الأغذية خاصة الأغذية الحيوانية وهى أحد أفراد مجموعة القولون التى تستخدم كميكروبات دالة وتسبب فساد بعض الأغذية.

3 - *Enterobacter*

أفراده تشابه أفراد الجنس *Klebsiella* غير أنها متحركة (بواسطة سياط محيطة بالخلية) تتواجد فى التربة والماء والمجارى وأمعاء الإنسان والحيوان وفى منتجات أغذية متنوعة.

4 - *Erwinia*

عصويات مستقيمة صغيرة عادة مفردة وعادة متحركة (بواسطة سياط محيطة بالخلية). تحدث فساد الخضروات المخزنة والنوع *E. carotovora* يسبب مرض التعفن الطرى البكتيرى وتحت النوع *E. carotovora* subsp. *atroseptica* يسبب التعفن الأسود للبطاطس.

5 - *Escherichia*

يوجد نوع واحد هام وهو *E. coli* وأفراده متحركة أو غير متحركة ومعظم السلالات مخمرة للاكتوز. لها القدرة على إنتاج الإندول (I) من التربتوفان وتنتج حامضاً فتعطى اختباراً موجباً مع أحمر الميثايل (M) ولا تكون أسيتيل ميثيل كربينول [اختبار فوجس بروسكر (Vi)] ولا تستهلك السترات (C) ولذلك فإن نتائج اختبارها مع تلك الاختبارات التى يرمز لها بالرموز I M Vi C تكون على الترتيب + + - - . وهذه البكتريا غير مقاومة للحرارة وبالتالى فإن وجودها فى الأغذية المعاملة حرارياً يعنى إعادة التلوث بعد المعاملة الحرارية وإذا نمت هذه البكتريا وتكاثرت فى الأغذية فإنها تسبب فسادها ويرجع ذلك لقدرتها على استهلاك معظم المواد الكربوهيدراتية منتجة غاز وحامض مما يسبب تغير رائحة ونكهة الغذاء. وبعض سلالاتها تسبب التسمم الغذائى للإنسان وقد اكتشف أربعة أنواع من التسمم الغذائى بواسطة السلالات المختلفة. تتواجد بكتريا *E. coli* فى التربة والماء وعلى النباتات وفى الأمعاء وفى أغذية متنوعة.

6 - *Klebsiella*

عصويات غير متحركة تتواجد مفردة أو فى سلاسل قصيرة. الكثير من أفراد هذا الجنس يكون غلافاً. تتواجد فى الماء والمجارى والتربة وهى جزء من فلورا الفم والبلعوم

والقناة المعوية وتتواجد على الحبوب والأغذية المجمدة. كما تحدث فساداً لبعض الأغذية . بعض أفراد هذا الجنس قد يسبب أمراضاً للإنسان مثل الالتهاب الرئوى وتصيب الجزء الأعلى من القناة التنفسية respiratory tract .

وهذا الجنس هو أحد أفراد مجموعة القولون التى تستخدم ككائنات حية دقيقة دالة indicator microorganisms .

7 - *Proteus*

عصويات متحركة بدرجة عالية (بواسطة سياط محيطة بالخلية)، تتواجد مفردة أو فى أزواج أو سلاسل قصيرة، وهى واسعة الانتشار وتتواجد فى التربة والمجارى والمعدة والأمعاء والبروتينات الحيوانية المتحللة كما تتواجد فى أغذية متنوعة، وتحدث فساداً لبعض الأغذية مثل اللحوم والأغذية البحرية والبيض، وإذا تواجدت بأعداد ضخمة فى الأغذية غير المبردة فإن ذلك قد يؤدى لحدوث تسمم غذائى.

8 - *Salmonella*

يوجد حوالى 2000 طراز سريولوجى تابع لهذا الجنس ومعظم أفراده متحركة (بواسطة سياط محيطة بالخلية)، لا تخمر اللاكتوز أو السكروز موجبة لاختبار الكتاليز وسالبة لاختبار الأوكسيديز. تتواجد هذه البكتريا فى وعلى التربة والماء والمجارى والحيوان والإنسان وأجهزة التصنيع والعلائق الحيوانية ومنتجات غذائية متنوعة. بعض أفراد هذا الجنس يسبب أمراضاً للإنسان مثل التيفود والبعض الآخر يسبب تسمماً غذائياً.

9 - *Serratia*

عصويات محبة لدرجة الحرارة المتوسطة متحركة (بواسطة سياط محيطة بالخلية) من أهم الأنواع التابعة لهذا الجنس النوع *S. marcescens* الذى ينتج صبغات حمراء وبالتالى يسبب فساد لون الأغذية.

10 - *Shigella*

عصويات غير متحركة تتواجد فى أمعاء الإنسان، بعض أنواع هذا الجنس يسبب تسمماً غذائياً.

Vibrio - 11

عصويات مستقيمة أو منحنية قصيرة متحركة، بعض السلالات لا يمكنها النمو بدون كلوريد صوديوم فى البيئة وتركيز 3٪ من هذا الملح يعتبر التركيز الأمثل للنمو، وبعضها تحتاج إلى تركيزات متوسطة من الملح لنموها moderately halophiles . تنتشر أفراد هذا الجنس فى المياه العذبة والمالحة والتربة والقناة الهضمية للإنسان والحيوان. وبعض الأنواع يسبب أمراضا للإنسان مثل *V. cholerae* المسبب لمرض الكوليرا والبعض الآخر يسبب تسمماً غذائياً مثل *V. parahaemolyticus* .

Yersinia - 12

عصويات متحركة أو غير متحركة ليس لها القدرة على تخمير سكر اللاكتوز خلال 48 ساعة. تنمو على درجات حرارة تتراوح بين 4°م (39°ف) إلى37°م (99°ف). من أهم صفات هذه البكتريا قدرتها على النمو على درجات حرارة التبريد وتبقى حية أثناء التجميد. يسبب النوع *Y. enterocolitica* تسمماً غذائياً. عزلت هذه البكتريا من الكثير من الأغذية مثل اللحوم والأسماك والحيوانات الصدفية المائية والدجاج واللبن ومنتجاته خاصة المثلوجات اللبنية ice cream وماء الشرب كما تتواجد فى الغدد الليمفاوية والقناة الهضمية للحيوانات والإنسان غير المريض.

ثالثاً : البكتريا السالبة لصبغة جرام الهوائية / المحبة للقليل من الأكسجين المتحركة الحلزونية / الواوية الشكل

Aerobic / Microaerophilic, Motile, Helical / Vibrioid Gram - Negative Bacteria (section 2)

يوجد جنس واحد فقط من هذه المجموعة هام فى مجال الأغذية وهو الجنس *Campylobacter* . أفراد هذا الجنس موجبة لاختبار الأوكسيديز بها سوط وحيد طرفى singular polar flagellum على أحد نهايتى أو على كل من نهايتى الخلية، الخلايا متحركة وحركتها لولبية تشبه حركة نازعة السدادات الفليبية cork screw motion، محبة للقليل من الهواء. أهم أنواع هذا الجنس هو النوع *C. jejuni* الذى يتواجد فى أو على

المنتجات الحيوانية ويسبب تسمماً غذائيا للإنسان.

رابعاً : البكتريا السالبة لصبغة جرام اللاهوائية العصوية المستقيمة والمنحنية والحلزونية

Anaerobic Gram - Negative Straight, Curved and Helical Rods (section 6)

أهم أفراد هذه المجموعة هو الجنس *Bacteroides* . أفراد هذا الجنس عصويات مستقيمة غير متحركة ولا تحدث تغيرات فى الأغذية ولكنها تتواجد فى البراز بكميات كبيرة وتأتى أهميتها فى استخدامها كدليل على تلوث الأغذية والماء بالبراز.

خامساً : البكتريا الموجبة لصبغة جرام الكروية

Gram - positive Cocci (section 12)

تضم هذه المجموعة خمسة أجناس هامة فى مجال الأغذية وفيما يلى نبذة مختصرة عن هذه الأجناس:

1 - *Leconostoc*

هذه البكتريا لها متطلبات غذائية معقدة فهى تحتاج لنموها للڤيتامينات والأحماض الأمينية والكربوهيدرات القابلة للتخمر. تخمر أفراد هذا الجنس الجلوكوز ونواتج التخمر الرئيسية تكون حامض لاكتيك بالإضافة لكحول الإيثايل وثانى أكسيد الكربون لذا تسمى مختلطة التخمر heterofermentative . ومما يميز بعض أنواع هذا الجنس قدرتها على تحمل تركيزات من الملح كتلك الموجودة فى الخضروات المملحة وبعض الأنواع الأخرى تتحمل تركيزات عالية من السكر تصل إلى 55 ٪ إلى 60 ٪.

من أهم الأنواع *L. mesenteroides* , *L. mesenteroides* subsp. *dextranicum* وهما لهما القدرة على إنتاج دكسترينات وطبعاً هذا يسبب لزوجة فى المحاليل السكرية ويسبب مشاكل فى صناعة السكر، وبعض السلالات تسبب عيوباً فى نكهة مركزات البرتقال. ومن ناحية أخرى تستخدم بعض أنواع هذا الجنس كبادئ فى بعض الصناعات الميكروبية مثل الخضروات المملحة ومنتجات الألبان.

2 - *Micrococcus*

كرويات هوائية إجبارياً موجبة لاختبار الكتاليز تتواجد مفردة أو فى أزواج تتكاثر فى أكثر من مستوى واحد لتكون كتلاً غير منتظمة أو مكعبات ويمكنها النمو فى وجود تركيز5٪ ملح. تتواجد فى التربة والماء وعلى جلد الإنسان وفى الكثير من الأغذية خاصة اللبن ومنتجات الألبان و الذبائح الحيوانية ومنتجات اللحوم. وهى تسبب فساد بعض الأغذية وبعض الأنواع منتج للصبغات.

كما سجل التشابه الكبير بين هذا الجنس وبين المرحلة الكروية cocoid stage للجنس *Arthrobacter* أكثر من التشابه مع *Staphylococcus* وبعض الكرويات الموجبة لجرام الأخرى وأنه يجب أن يوضع مع الجنس *Arthrobacter* فى نفس العائلة.

3 - *Pediococcus*

تتواجد هذه البكتريا فى أزواج أو سلاسل قصيرة أو رباعيات tetrads أى يحدث الإنقسام فى مستويين. سالبة لاختبار الكتاليز وتحتاج لقليل من الهواء متجانسة التخمر homofermentative ولها متطلبات غذائية معقدة (فيتامينات وأحماض أمينية)، مقاومة للملوحة حيث تنمو جيداً فى تركيز5.5٪ من الملح ولكن تنمو بدرجة قليلة فى وجود تركيز 10 ٪ ملح؛ تنمو فى مدى من درجات الحرارة يتراوح بين 7° إلى45° م (45 – 113° ف) تتواجد فى المخللات وبعض الأغذية المتخمرة الأخرى.

4 - *Staphylococcus*

تتواجد هذه الخلايا غير المتحركة مفردة أو فى أزواج أو تجمعات غير منتظمة أو تجمعات تشبه عناقيد العنب وهى لاهوائية اختياراً ولها نظام تمثيل غذائى تنفسى وتخمرى ومعظم السلالات يمكنها النمو فى وجود تركيز من الملح يتراوح من 7.5 إلى 15 ٪. وهى عادة حساسة للحرارة ومتوسطة المقاومة للإشعاع. تتواجد فى الكثير من المنتجات الغذائية وليس لها قدرة عالية على التنافس مع باقى الأحياء الدقيقة. من أهم أنواعها *S. aureus* الذى يسبب تسمماً غذائياً للإنسان.

5 - *Streptococcus*

تتواجد هذه البكتريا فى أزواج أو سلاسل قصيرة أو طويلة، لا هوائية اختياراً، سالبة لاختبار الكتاليز وبالتالى يحدث تجمع لفوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 ، تخمر الجلوكوز منتجة حامض لاكتيك بصفة رئيسية لذا تسمى متجانسة التخمر homofermentative. وتخمير الكربوهيدرات إلى حامض لاكتيك يعتبر مرغوباً فى بعض المنتجات مثل اللبن المخيض buter milk والجبن والياغورت (الزبادى) والكرنب المخلل saurkraut وخلافه .. ولكنه يسبب فساداً لبعض الأغذية مثل اللبن الطازج. بعض أنواع هذا الجنس يعتبر عاملاً مسبباً للتسمم الغذائى والبعض الآخر يسبب أمراضاً أخرى للإنسان.

يقسم الجنس على أساس سريولوجى بواسطة تفاعل الجسم المقاوم المرسب precipitin reaction إلى مجاميع لانسفيلد Lancefield groups وتأخذ الحروف D, C, B, A .. وهكذا ولكن عادة ما تقسم البكتريا التابعة لهذا الجنس وذات الأهمية فى مجال الأغذية إلى أربع مجموعات:

أ – Pyogenic وهى تلك المنتجة للصديد pus producing وهذه لا تنمو على 10 °م أو45 °م (50 أو 113 °ف) والأنواع التابعة لهذه المجموعة تسبب أمراضاً للإنسان مثل النوع *S. pneumoniae* الذى يسبب الالتهاب الرئوى والنوع *S. pyogenes* الذى يسبب التهاب الزور والحمى القرمزية، وبعض سلالات هذا النوع تسبب تسمماً غذائياً .. وهذا النوع يتبع مجموعة A من مجاميع لانسفيلد.

ب – Viridans وهى تلك المجموعة الهامة فى الجبن والزبادى وهذه تنمو على45 °م (113 °ف) ولا تنمو على 10 °م (50 °ف) وهى مقاومة للحرارة مثل *S. thermophilus* .

جـ – Lactic تشمل بكتريا اللبن وتنمو على 10 °م (50 °ف) وليس 45 °م (113 °ف)، من أهم أنواعها *S. lactis* التى تستخدم كبادئ فى صناعة الجبن واللبن المخيض ولكنها تسبب حموضة اللبن الخام. والجدير بالذكر أن النوع *S. lactis* أصبح الآن ضمن أفراد الجنس *Lactococcus* والأخير يضم جميع أفراد الجنس *Streptococcus* التابعة لمجموعة N من مجاميع لانسفيلد.

د – Enterococci وقد اقترح بعض الباحثين وضع هذه المجموعة تبع الجنس *Enterococcus* وأهم أفراد هذه المجموعة النوع *Enterococcus faecalis* المعروف سابقاً باسم *Streptococcus faecalis* وهذا النوع يتبع مجموعة D من مجاميع لانسفيلد، ومن سلالات هذا النوع ما يسبب أمراضاً للإنسان ومنها ما يسبب تسمماً غذائياً للإنسان. ومجموعة enterococci يمكنها النمو على 10 °م (50 °ف) و 45 °م (113 °ف).

تنتشر البكتريا التابعة للجنس *Streptococcus* انتشاراً واسعاً حيث توجد فى الهواء والماء والمجارى والتربة وعلى النباتات وفى أمعاء الإنسان والحيوان وفى منتجات غذائية متنوعة.

سادساً : البكتريا الموجبة لصبغة جرام العصوية المنتظمة غير المكونة للأبواغ Regular, Nonsporing, Gram - Positive Rode (section 14)

وتضم ثلاثة أجناس هامة فى مجال الأغذية هى :

1- *Brochotrix*

هذه البكتريا تكون سلاسل خيطية طويلة، لا هوائية اختياراً، سيكروتروفية ودرجة الحرارة المثلى للنمو 20 - 25 °م (68 – 77 °ف) ولكنها تنمو فى مدى من درجات الحرارة يتراوح بين صفر إلى 45 °م (32 – 113 °ف) ويعتمد ذلك على السلالة، تنمو فى مدى واسع من pH (5 - 9) وفى وجود تركيز ملح طعام من 6.5 إلى 10 ٪، تتحمل معاملة حرارية خمس دقائق على 63 °م (145 °ف) . وهى تسبب فساد اللحوم ومنتجاتها عندما تخزن تحت ظروف لا هوائية أو فى عبوات مفرغة محفوظة مبردة. يوجد نوع واحد فقط هو *B.thermophacta* .

2 - *Lactobacillus*

عصويات عادة طويلة غير متحركة، إسطوانية تكون فى سلاسل، معظم الأنواع تحتاج لقليل من الهواء وبعضها لاهوائى لا يمكنها تكوين الڤيتاميدات اللازمة لها لذا فهى لا تنمو فى الأغذية الفقيرة فى محتواها من الڤيتاميدات. سالبة لاختبار الكتاليز؛ بعض أنواعها متجانس التخمر homofermentative مثل *L. helveticus* , *L. acidophilus* والبعض

الآخر مختلط التخمر heterofermentative مثل *L. fermentum* . تتواجد هذه البكتريا فى الكثير من الأغذية مثل منتجات الألبان والحبوب واللحوم والفاكهة وعصائرها والعجائن والمخللات المختلفة. من هذه البكتريا ما تسبب فساد بعض الأغذية مثل السجق حيث تنمو عليه بعض الأنواع مكونة لوناً أخضر. كذلك فإن اللحم المعبأ تحت تفريغ يصبح حامضياً بفعل بعض أنواع هذه البكتريا كما تفسد بعض الأغذية المحفوظة بالخل مثل الكاتشب والمايونيز – ومن ناحية أخرى فإن البكتريا التابعة لهذا الجنس منها ما هو مفيد فى بعض الصناعات الميكروبية النباتية والحيوانية التى تحتاج تخمر لاكتيكى مثل المخللات والسجق.

3 - *Listeria*

عصويات قصيرة موجبة لصبغة جرام لها القدرة على النمو على درجات حرارة من 2 إلى 42 م (36 – 108 ف) ، تحتاج لقليل من الهواء وهى تنمو فى مدى واسع من الـ pH (5.6 - 9.8)، موجبة لاختبار الكتاليز، تعتبر من البكتريا المسببة للتسمم الغذائى الفريدة فى نوعها مما يجعلها ذات أهمية فى مجال الأغذية حيث أن لها القدرة على النمو على درجات حرارة التبريد فى الكثير من الأغذية خاصة تلك التى لها pH أعلى من 6 . وبعكس معظم الخلايا الخضرية فإن خلايا هذه البكتريا يمكنها تحمل بعض معاملات البسترة ويمكنها أيضاً تحمل عملية إنضاج اللحم لمدة 60 يوماً . تتواجد فى الكثير من الأغذية مثل اللحوم ومنتجاتها والألبان ومنتجاتها، الدواجن، الأسماك والحيوانات الصدفية المائية والخضروات.

سابعاً : البكتريا الموجبة لصبغة جرام غير منتظمة الشكل غير المكونة للأبواغ Irregular, Nonsporing, Gram - Positive Rods (section 15)

وتضم أربعة أجناس هامة فى مجال الأغذية هى :

1 - *Arthrobacter*

تظهر الكائنات التابعة لهذا الجنس تشكيلاً متعدداً pleomorphism فقد تظهر الخلايا الكروية بمظهر كروى أو بيضاوى أو بها استطالة بسيطة وعند نقل الخلايا الكروية الكبيرة إلى بيئة حديثة يخرج من الخلايا من 1 إلى 3 أنابيب إنبات germination tubes وتلك تتحول إلى عصويات مختلفة فى الشكل والحجم وعندما تتقدم هذه الخلايا فى العمر تتحول

إلى كرويات. والخلايا الكروية تكون موجبة لصبغة جرام أما العصويات فنجد بها حبيبات موجبة لصبغة جرام محاطة بمواد خلوية سالبة لصبغة جرام. أفراد هذا الجنس موجبة لاختبار الكتاليز وتتواجد عادة فى التربة ولكنها عزلت من منتجات اللحوم والدواجن والألبان والأسماك وعادة ما تكون خاملة فى الأغذية.

2 - *Brevibacterium*

أفراد هذا الجنس كبيرة الشبه بالجنس *Arthrobacter* . وعموماً هناك نوع واحد هام فى مجال الأغذية هو *B. linens* وهو هام فى إنتاج نكهة الجبن خاصة الجبن اللمبرجر Limburger cheese.

3 - *Corynebacterium*

يمكن تقسيم أفراد هذا الجنس إلى ثلاثة أقسام : الأول يشمل كائنات متطفلة وممرضة للإنسان والحيوان والثانى يشمل كائنات ممرضة للنبات والثالث يحوى كائنات غير ممرضة.

وتتميز أفراد هذا الجنس بظاهرة التشكل المتعدد وخلاياه عصويات مستقيمة أو منحنية ولكن لها ميل لتكوين أشكال هراوه ومستدقة الرأس Club and pointed shapes وهذه البكتريا عادة غير متحركة وموجبة لصبغة جرام. أفضل نمو لها فى الظروف الهوائية ولكن يمكنها النمو فى ظروف لا هوائية. أشهر الأنواع التابعة لهذا الجنس النوع *C. diphtheriae* المسبب لمرض الدفتريا فى الإنسان والذى ينتقل عن طريق الغذاء.

أهم المصادر الطبيعية لهذه الكائنات الماء والتربة والنباتات والحيوانات خاصة ضرع الأبقار. أفراد هذا الجنس لها علاقة بفساد الأغذية ولكن هناك شكاً فى أنها المسبب الأول أو الرئيسى لفساد الغذاء.

4 - *Microbacterium*

عصويات قصيرة غير منتظمة موجبة لصبغة جرام غير متحركة منتجة لإنزيم الكتاليز تنتج حامض اللاكتيك من السكاكر أى أنها متجانسة التخمر homofermentative، من أهم مميزات بعض أفراد هذا الجنس أنها مقاومة للحرارة حيث تتحمل معاملة حرارية لمدة 10

دقائق على درجة حرارة80 إلى85 م (176 – 185 ف) وبالتالى يمكن أن تتواجد فى اللبن الطازج المبستر وتسبب فساده نظراً لقدرتها على إنتاج حامض اللاكتيك، كذلك فإنها تسبب فساد نكهة بعض منتجات اللحوم، وقد عزلت هذه البكتريا من بعض الأغذية مثل منتجات اللحوم والدواجن والبيض والألبان.

5 - *Propionibacterium*

تتميز أفراد هذا الجنس أيضاً بظاهرة التشكل المتعدد وعموماً فهى عصويات صغيرة وفى بعض البيئات قد تكون كروية غير مكونة للجراثيم موجبة لصبغة جرام وموجبة لاختبار الكتاليز ولاهوائية إلى مقاومة للهواء aerotolerant. تخمر الكربوهيدرات وتنتج حامض بروبيونيك وحامض خليك وثانى أكسيد الكربون مع كميات قليلة من أحماض عضوية أخرى. الأفراد الملونة التابعة لهذا الجنس تسبب فساد لون الجبن ويستخدم أحد الأنواع التابعة لهذا الجنس فى صناعة الجبن السويسرى.

13 - 3 - 1 - 2 البكتريا المكونة للأبواغ

Endospore - forming Gram - Postive Rods and Cocci (section 13)

أهم الأجناس المكونة للأبواغ هما الجنسان *Colostridium , Bacillus* ، بالإضافة لذلك توجد أجناس أخرى مكونة للأبواغ أهمها *Oscillospira , Desulfotomaculum Sporosarcina, Sporolactobacillus* وسوف نتناول الأجناس الثلاثة الأولى بالشرح.

أولاً : *Bacillus*

عصويات موجبة لصبغة جرام معظمها متحرك وهى منتجة للكتاليز تنتج حامضاً من الجلوكوز ولكنها لا تنتج غازاً. تتباين الأنواع المختلفة فى قدرتها على تحليل البروتين والدهون وإنتاج الغاز. تتفاوت أفراد هذا الجنس فى احتياجها من الأكسجين من هوائية إجباراً إلى لاهوائية اختياراً وتتفاوت أيضاً فى المدى من درجات الحرارة الذى تنمو عليه فمنها ما يمكنه النمو على درجات الحرارة المنخفضة psychrotrophic والمحب لدرجات الحرارة المتوسطة والمحب لدرجات الحرارة العالية وبالتالى فإن درجة الحرارة الدنيا لهذا الجنس تتراوح بين -5 م إلى 45 م (23 إلى 113 ف) ودرجة الحرارة القصوى للنمو تتراوح

بين 25 م (77 ف) لبعض الأنواع بينما تصل 75 م (167 ف) لأنواع أخرى، كذلك بالنسبة لـ pH حيث يتراوح المدى بين 2 - 8 ، وبعض الأنواع لا يمكنها مقاومة تركيز ملح أكثر من 2 ٪ فى حين البعض الآخر يمكنه النمو عند تركيز ملح يصل 25 ٪. أهم المصادر الطبيعية لهذه البكتريا هو التربة وتعتبر المواد الخام الداخلة فى تصنيع الأغذية (المكونات المضافة) مثل التوابل والدقيق والسكر والنشا بمثابة مصادر لانتقال هذه البكتريا إلى الأغذية المصنعة مثل السجق والخبز والأغذية المعلبة. ومن أهم أنواع هذا الجنس ما يلى:

B. subtilis هذه البكتريا تكسر البكتين والسكاكر العديدة فى أنسجة النباتات وتسبب فساد المنتجات النباتية الطازجة.

B. stearothermophilus وهى تسبب فساد الأغذية المعلبة ذات الحموضة المنخفضة.

B. coagulans تسبب فساد منتجات الطماطم.

B. cereus تسبب نوعين من التسمم الغذائى.

B. anthracis تسبب مرض الجمرة anthrax للإنسان والحيوان.

ثانياً: *Clostridium*

عصويات موجبة لصبغة جرام سالبة لاختبار الكتاليز لاهوائية إجبارا بإستثناء بعض الأنواع القليلة التى تكون مقاومة للهواء aerotolerant. تعتبر التربة أهم مصادر التلوث بأبواغ هذه البكتريا كذلك تعتبر الأعلاف وكذلك السماد manure من مصادر التلوث. يمكنها مقاومة تركيزات من الملح تتراوح بين 2.5 إلى 6.5 ٪. يمكن تثبيط هذه البكتريا بواسطة نيترات الصوديوم (0.5 إلى 1 ٪) أما التركيز المميت من الكلورين لهذه البكتريا فهو 2.5 ميكرو جرام / مل.

بعض أنواع هذا الجنس تحدث أمراضاً خطيرة للإنسان مثل الغرغرينا الغازية gas gangrene والتيتانوس والبعض الآخر يسبب تسمماً غذائياً، ومنها ما يسبب فساد بعض الأغذية. ومن ناحية أخرى فإن بعض أفراد هذا الجنس يستخدم فى إنتاج بعض المركبات الهامة مثل حامض البيوتيريك وكحول البيوتيل والأسيتون والإنزيمات. من أهم الأنواع ما يلى :

C. botulinum وهو من أهم الأنواع فى مجال الأغذية حيث يسبب تسمماً غذائياً خطيراً كما أن المعاملات الحرارية المتبعة فى صناعة تعليب الأغذية ذات الحموضة المنخفضة يتم حسابها على أساس القضاء على أبواغ هذا النوع.

C. perfringens بعض سلالات هذا النوع تسبب الغرغرينا الغازية والبعض الآخر يسبب تسمماً غذائياً.

C. butyricum يسبب إنتاج غاز فى خثرة الجبن.

C. putrefaciens أفراد هذا النوع محبة لدرجات الحرارة المتوسطة وتسبب تعفن بعض الأغذية.

C. thermosaccharolyticum أفراد هذا النوع محبة لدرجات الحرارة العالية وتسبب الفساد الغازى للخضروات المعلبة.

ثالثاً : *Desulfotomaculum*

تختزل هذه البكتريا مركبات الكبريت مثل الكبريتات والكبريتيت إلى غاز H_2S . من أهم الأنواع *D. nigrificans* وهو محب لدرجات الحرارة العالية ويسبب الفساد الكبريتدى sulfide spoilage فى الأغذية المعلبة.

13 - 3 - 1 - 3 مجموعات أو أقسام Sections أخرى من البكتريا الهامة فى مجال الأغذية

أولاً: Mycobacteria (section 16)

نجد أن عائلة *Mycobactereaceae* هى العائلة الوحيدة فى هذه المجموعة وأفرادها تظهر تفرعا أثريا أو تفرعا غير حقيقى وقد يكون التفرع معدوماً. والجنس *Mycobacterium* (به 54 نوعاً) هو أهم جنس بهذه العائلة. تبدو خلايا هذا الجنس عصوية مستقيمة غير متحركة موجبة لصبغة جرام وموجبة للصبغ المقاوم للأحماض (من أهم الصفات المميزة للجنس)، يتميز الجنس بكثرة إحتواء خلاياه على مواد شمعية أو دهنية خاصة حامض الميكوليك mycollic acid المسؤول عن الإيجابية فى الصبغ المقاوم للأحماض. يعتبر النوع

M. tuberculosis من أهم الأنواع التابعة لهذا الجنس وهذا النوع هو المسبب لمرض السل فى الإنسان والحيوان. والجدير بالذكر أن مرض السل كان ينتشر قديماً عن طريق الغذاء خاصة اللبن (لذلك صممت عملية البسترة للبن على أساس القضاء الكامل على هذا الكائن) أما الآن فإن انتقال السل يحدث عن طريق الهواء airborne disease وليس عن طريق الغذاء.

ثانياً : Streptomycetes and related genera (section 29)

أهم جنس بهذه المجموعة هو الجنس *Streptomyces* (بـه 142 نوع) وهو يمثل الاكتينوميسيتات actinomycetes الهامة فى مجال الأغذية خاصة فى مجال الصناعات الميكروبية (إنتاج المضادات الحيوية).

عندما تنمو خلايا هذا الجنس فإنها تعطى هيفات خضرية متفرعة بغزارة ونادراً ما تتجزأ. خلاياه هوائية موجبة لصبغة جرام موجبة لاختبار الكتاليز تختزل النيترات إلى نيتريت وتحلل الكازين والجيلاتين، درجة الحرارة المثلى للنمو 25 - 30 °م (77 - 86 °ف) والـ pH الأمثل يتراوح بين 6.5 إلى 8 . ينتشر هذا الجنس فى التربة والمواد العضوية المتحللة والأسمدة العضوية.

عدد قليل من أفراد هذا الجنس ممرض للحيوان والإنسان كما أن بعض أفراده ممرض للنبات مثل النوع *S. scabies* الذى يسبب الجرب فى البطاطس. والبعض الآخر يسبب فساد الأغذية عندما تنمو عليها حيث تسبب تغير مظهر الغذاء ورائحته (رائحة التربة earthy odour) ومن ناحية أخرى فهناك أفراد كثيرة من هذا الجنس تستخدم فى إنتاج المضادات الحيوية.

13 - 3 - 2 الفطـــريات Fungi

تضم مملكة الفطريات مجموعة كبيرة من الكائنات الحية الدقيقة والجدير بالذكر أن عدد الفطريات غير محدد حتى الآن فنجد أن بعض الفطريات لم تعزل بعد ولم يتم التعرف عليها حتى الآن ومن ناحية أخرى فقد أطلق على بعض الفطريات أكثر من اسم. والفطريات منتشرة فى كل مكان حيث نجدها فى التربة والهواء والماء والمواد العضوية المتحللة. والفطريات كائنات مترممة أو متطفلة.

تقسم الفطريات للسهولة إلى مجموعتين الأولى هى الفطريات الخيطية filamentous fungi وهى فطريات عديدة الخلايا وهذه المجموعة تشمل الأعفان moulds وأيضاً الفطريات التى تكون أجساماً ثمرية كبيرة مثل عيش الغراب mushrooms والفاريقون السام toadstool والفطريات النفاشة puff - balls ، أما المجموعة الثانية فهى الخمائرyeasts وهى الفطريات وحيدة الخلية. ويهمنا فى مجال الأغذية الأعفان والخمائر.

13 - 3 - 2 - 1 الأعفـــان Moulds

الأعفان هى تلك الفطريات الخيطية المجهرية microscopic filamentous fungi وهى فطريات عديدة الخلايا ويمكن التعرف على نموها على الأغذية من مظهرها الفرائى furry أو القطنى cottony . وقد يظهر النمو الفطرى أبيض اللون أو ملوناً أو قاتماً.

نجد أن الوحدة التركيبية الرئيسية للأعفان عبارة عن شبكة من خيوط تعرف باسم هيفات hyphae والمفرد هيفا hypha حيث تتشابك الهيفات فى تجمعات ملتفة مكونة الغزل الفطرى أو الميسيليوم mycelium.

ونجد أن الهيفات قد تنمو داخل المادة التى يتغذى عليها العفن وتقوم بإمتصاص الغذاء اللازم لها لذا فإنها تسمى هيفات مغمورة submerged أو أنها قد تبقى فى الهواء فوق المادة التى يتغذى عليها العفن وتسمى هيفات هوائية aerial كذلك فإن الهيفات قد تكون خضرية vegetative أو تكون هيفات تكاثر reproductive hyphae وقد تسمى هيفات خصبة fertile وهى تلك الهيفات التى تنتج أبواغاً، وعادة تكون الهيفات المغمورة خضرية وتكون الهيفات الهوائية خصبة.

ونظراً لوجود اختلافات واضحة بين الأعفان فى شكلها الظاهرى سواء بالعين المجردة macro - morphology أو بالمجهر micro - morphology فإن هذه الاختلافات تستخدم فى تقسيم الأعفان. فإذا حاولنا فحص الأعفان بالعين المجردة نجد أن الهيفا الواحدة يصعب تميز لونها ولكن يمكن تمييز لون الميسيليوم الذى قد يكون ذا لون أبيض أو رمادى أو بنى أو أخضر. كذلك فإن نمو الميسيليوم قد يكون محدداً أو قد يكون منتشراً.

وبواسطة المجهر يمكن تمييز ما إذا كانت الهيفات مقسمة septate كما فى حالة

الفطريات العليا higher fungi أو غير مقسمة coenocytic or non sepetate كما فى حالة الفطريات الدنيا lower fungi كذلك يمكن التعرف على بعض التراكيب الخاصة من الميسليوم والتى تستخدم فى تقسيم الأعفان مثل أشباه الجذور rhizoids الموجودة فى الجنس *Rhizopus* وخلية القدم foot cell الموجودة فى الجنس *Aspergillus* والتفرع ثنائى الشعب dichotomous أو التفرع فى شكل حرف Y كما فى الجنس *Geotrichum*.

13 - 3 - 2 - 1 - 1 طرق تكاثر الأعفان

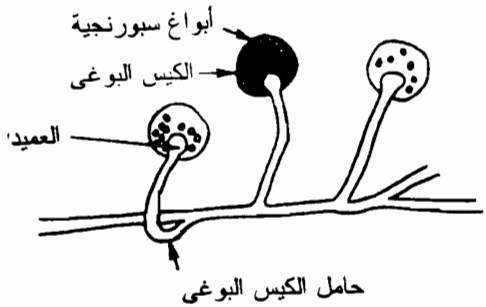
تتكاثر الأعفان لاجنسياً وجنسياً – والفطريات التى عرف طور تكاثرها الجنسى تعرف باسم الفطريات الكاملة perfect fungi أما التى لم يعرف طورها الجنسى بعد فتعرف باسم الفطريات الناقصة imperfect fungi.

ويتم التكاثر اللاجنسى عن طريق إنتاج أبواغ spores مباشرة من أو بواسطة الميسليوم وأهم هذه الأبواغ: الأبواغ السبورنجية sporangiospores – الأبواغ الكونيدية conidiospores – والأبواغ الأرثروية arthrospores – الأبواغ البلاستووية blastospores – والأبواغ الكلاميدية chlamydospores.

أما التكاثر الجنسى فيتم عن طريق أبواغ جنسية أهمها الأبواغ الاوئية oospores – والأبواغ الزيجية zygospores – والأبواغ الأسكية ascospores – والأبواغ البازيدية basidiospores وسوف نلقى الضوء على كل من الأبواغ الزيجية والأسكية.

أولاً : أهم الأبواغ اللاجنسية

1- **الأبواغ السبورانجية:** sporangiospores وهذه تتكون عادة بأعداد كبيرة داخل كيس يسمى الكيس البوغى sporangium عند نهاية هيفا خصبة تسمى حامل الكيس البوغى sporangiophore الذى قد ينتهى بجزء منتفخ يسمى العميد columella وهو تركيب على شكل قبة dome - shaped يفصل بين المنطقة المكونة للأبواغ sporulating وتلك غير المكونة للأبواغ داخل الكيس البوغى شكل رقم 13 - 3 .



شكل رقم 13 - 3 : الأبواغ السبورنجية والكيس البوغى وحامل الكيس البوغى فى الجنس *Mucor* (شكل توضيحى)

المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

2- الأبواغ الكونيدية : conidiospores وقد يطلق عليها كونيديا conidia (والمفرد كونيديم conidium) وهى عبارة عن برعم أو جزء من هيفا خصبة خاصة تسمى الحامل الكونيدى conidiophore وعادة تكون فى العراء وليست داخل وعاء container وتختلف الكونيديا فى الشكل والحجم واللون والملمس وعدد الخلايا المكونة لها كذلك قد توجد مفردة أو فى مجاميع مختلفة وقد تكون محمولة فوق ذنيبات sterigmata (شكل رقم 13 – 4) أولية أو ثانوية.

شكل رقم 13 - 4 : الكونيديا محمولة على ذنيبات أولية على الحامل الكونيدى فى الجنس *Penicillium* (شكل توضيحى)

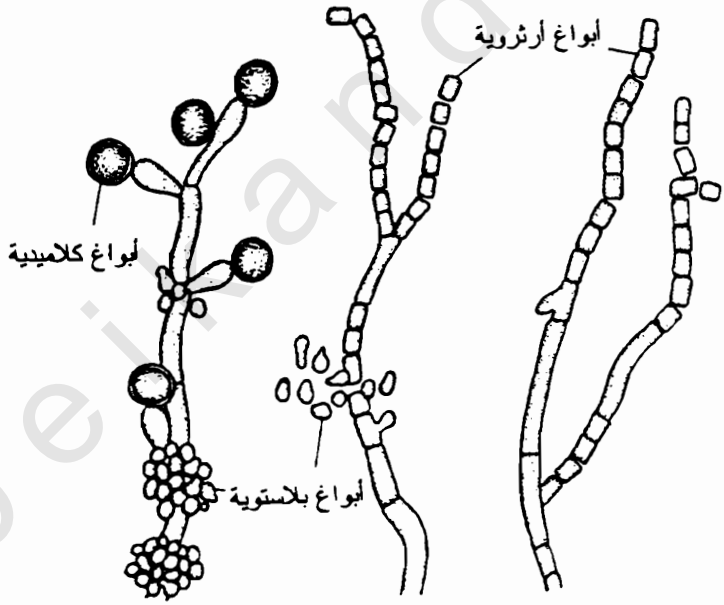
المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

obeikandl.com

3- **الأبواغ الأرثروية** : arthrospores = arthroconidia وقد تسمى أوايديا oidia وهى أبواغ تتكون بتكسر الميسيليوم إلى شظايا فتصبح خلايا الهيفا هى الأبواغ (شكل رقم 13 - 5).

4- **الأبواغ البلاستووية** : blastospores وهذه تتكون نتيجة حدوث تبرعم من أو انتفاخ فى الجزء من الهيفا المكونة لها (شكل رقم 13 - 5).

5- **الأبواغ الكلاميدية**: chlamydospores = chlamydoconidia وهى أبواغ مقاومة للظروف البيئية ولها جدار سميك تتكون من الميسيليوم حيث نجد بعض الخلايا فى أماكن متفرقة من الميسليوم بدأت فى تخزين زائد للغذاء بداخلها ثم تنتفخ وتكون جدار سميك (شكل رقم 13- 5).



شكل رقم 13 - 5 : الأبواغ الأرثروية والبلاستووية والكلاميدية فى
***Candida albicans - Trichosporium beigeli - Geotrichum* sp.**
(شكل توضيحى)
المصدر : Alexopoulos (1972)

obeikandl.com

ثانياً : أهم الأبواغ الجنسية

1- **الأبواغ الزيجية** : zygospores وتكونها الفطريات ذات الهيفات غير المقسمة التابعة لقسم : *Zygomycotina*: Division وتتكون من إتحاد طرفى هيفتين متشابهتين فينتج أبواغ لها جدار سميك مقاومة للظروف البيئية غير المناسبة.

2- **الأبواغ الأسكية** : ascospores وتكونها الفطريات ذات الهيفات المقسمة التابعة لقسم : *Ascomycotina*: Division وتتكون نتيجة إتحاد خليتين (من نفس الميسيليوم أو كل واحدة من ميسيليوم مختلف) وبعد حدوث الاندماج والانقسام تنتج الأبواغ التى تكون داخل أكياس ascus وبكل كيس يوجد عادة 8 أبواغ أسكية.

14 - 3 - 2 - 1 - 2 أهم الصفات الفسيولوجية للأعفان

تتميز الأعفان بأنها تحتاج رطوبة متاحة أقل من تلك التى تحتاجها البكتريا والخمائر أى أن لها القدرة على النمو تحت ظروف من الجفاف أكثر من غيرها من الكائنات الحية الدقيقة.

ونجد أن معظم الأعفان تعتبر محبة لدرجة الحرارة المتوسطة mesophiles، ودرجة الحرارة المثلى لنمو معظم الأعفان تتراوح بين 25 إلى 30 °م (77 - 86 °ف) ولكن بعضها ينمو جيداً على درجات حرارة 35 إلى 37 °م (95 - 99 °ف) أو أكثر مثل بعض أنواع الجنس *Aspergillus*، وبعض الأعفان يكون محباً لدرجات الحرارة المنخفضة psychrophiles أى ينمو جيداً على درجة حرارة التبريد العادية 0 - 5 °م (32 - 41 °ف) بينما البعض يمكنه النمو ببطء على درجة حرارة أقل من الصفر المئوى (32 °ف)، يوجد قليل من الأعفان المحب لدرجة الحرارة المرتفعة thermophiles . ويسهل قتل الأعفان بالحرارة فالميسيليوم حساس لدرجة الحرارة وأيضاً أبواغ الأعفان يسهل القضاء عليها بالحرارة.

تحتاج الأعفان ذات الأهمية فى مجال الأغذية إلى الأكسجين لنموها أى أنها هوائية aerobic، ويمكن للأعفان النمو فى مدى واسع من الـ pH (2 إلى 8.5) ولكن الغالبية العظمى تفضل الوسط الحامضى. كما يمكنها استهلاك العديد من الأغذية وذلك لقدرتها على إنتاج إنزيمات محللة متنوعة .

13 - 3 - 2 - 1 - 3 أهم أجناس الأعفان فى مجال الأغذية

تضم الأعفان الهامة فى الأغذية بعض الفطريات الدنيا lower fungi ويهمنا منها قسم: زيجوميكوتينا *Zygomycotina* : Division أما معظم الأعفان الهامة فى الأغذية فإنها تتبع الفطريات العليا higher fungi، ويهمنا هنا قسمان هما أسكوميكوتينا Division: *Ascomycotina* وديوتيروميكوتينا Division: *Deuteromycotina* وأيضاً يعرف القسم الأخير باسم الفطريات الناقصة imperfect fungi .

أولاً : قسم : Division : *Zygomycotina*

يعتبر هذا القسم من الفطريات الدنيا lower fungi وفى نفس الوقت من الفطريات الكاملة perfect fungi لأن أفراده تتكاثر جنسياً بواسطة الأبواغ الزيجية وسوف نناقش ثلاثة أجناس تابعة لهذا القسم وهى *Thamnidium* , *Rhizopus* , *Mucor* .

1 - *Mucor*

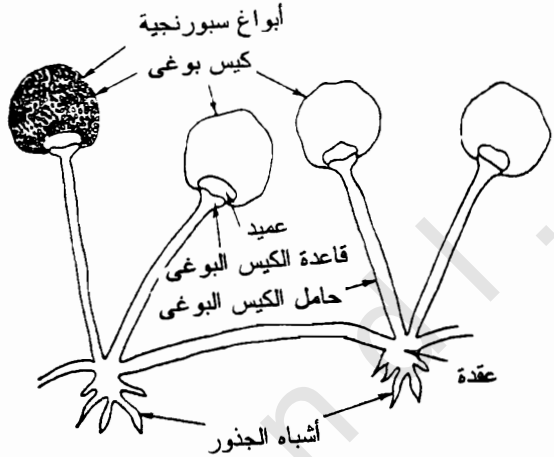
الهيفات غير مقسمة والتكاثر اللاجنسى عن طريق تكوين أبواغ سبورانجية sporangiospores ناعمة ومنتظمة داخل أكياس sporangium محمولة على حوامل sporangiophores هوائية ويوجد عميد columella – فى نهاية حامل كيس الأبواغ – دائرى أو مستطيل أو كمثرى الشكل (أنظر شكل رقم 13 -3) .

يتواجد العفن فى التربة والروث والحبوب المخزنة والخضروات والفاكهة. يسبب العفن فساد الكثير من الأغذية وعلى النقيض فإن هذا الجنس له استخدامات فى مجال الصناعات الميكروبية حيث يستخدم فى إنتاج أغذية متخمرة خاصة فى الشرق الأقصى كما يستخدم فى إنتاج الإنزيمات.

2 - *Rhizopus*

الهيفات غير مقسمة، تتواجد الأبواغ داخل أكياس كبيرة سوداء اللون محمولة على حوامل الأكياس البوغية sporangiophores التى تنشأ عند مناطق العقد nodes والتى يتواجد عندها كذلك أشباه الجذور rhizoids ، يوجد عميد columella نصف دائرى مع

وجود قاعدة للكيس البوغى apophysis (شكل رقم 13- 6) . يسبب العفن فساد أنواع مختلفة من الأغذية المخزنة ويعتبر النوع *R. stolonifer* عفن الخبز الشائع كما أن له القدرة على إنتاج إنزيمات محللة للبكتين وبالتالى فإنه يسبب التعفن الطرى soft rot لكثير من النباتات. يستخدم العفن فى إنتاج بعض الأغذية المتخمرة.

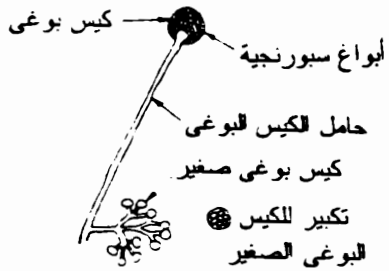


شكل رقم 13 - 6 : الجنس *Rhizopus* (شكل توضيحى)

المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

3 - ***Thamuidium***

ما يميز هذا الجنس عن الجنسين السابقين أن حامل الكيس البوغى sporangiophore يتفرع فى شكل تفرع شجيرى قرب القاعدة وكل فريع يحمل كيساً بوغياً صغيراً sporangiole يحتوى على عدد قليل من الأبواغ (2 - 12 بوغ) (شكل رقم 13– 7) وقد وجد أن درجة الحرارة المنخفضة والضوء يشجعان تكوين sporangia بعكس sporangioles. أما الأبواغ الزيجية فإنها تتكون على درجة حرارة 6 - 7 °م (43 - 45 °ف) وليست على 20 °م (68°ف) . يتواجد هذا العفن على الأغذية المبردة خاصة على اللحوم ويسبب فساداً يسمى السُبَلة whiskers وهذا العفن فاتح اللون وله نمو منتشر.



شكل رقم 13 - 7 : الجنس *Thamnidium* (شكل توضيحى)

المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

ثانياً : قسم : Division : *Ascomycotina*

هيفات الأعفان التابعة لهذا القسم مقسمة وتتكاثر أفراده جنسياً بواسطة الجراثيم الأسكية التى تتواجد داخل أكياس ascus . وهذا يقال أن الفطر فى الحالة الكاملة prefect state أما الفطريات التى لم يكتشف تكاثرها الجنسى بعد فإنه يطلق عليها اسم الفطريات الناقصة imperfect fungi وتوضع مع قسم : Division : *Deuteromycotina* ويعتقد أن حوالى ثلث إلى نصف الفطريات الناقصة تتبع قسم : Division : *Ascomycotina* ولكن لم يكتشف الطور الجنسى لها بعد .

ويضم هذا القسم الكثير من الأعفان والخمائر وعلى الرغم من أن عدد الأجناس التى يضمها هذا القسم حوالى 2000 إلا أن ماله أهمية فى مجال الأغذية يعتبر محدوداً وفيما يلى وصف لأهم الأعفان ذات الأهمية فى هذا المجال وتشمل ثلاثة أجناس هى:

Neurospora , Claviceps , Byssochlamys .

1 - *Byssochlamys*

يتكاثر جنسياً بواسطة الأبواغ الأسكية ولاجنسياً بواسطة الأبواغ الكونيدية التى تتواجد فى سلاسل. من أهم الأنواع التابعة لهذا الجنس *B. fulva* الذى يتميز بقدرته على النمو فى

بيئات منخفضة المحتوى من الأكسجين وحامضية كما أنه يكون أبواغاً أسكية مقاومة للحرارة وينتج إنزيمات لها قدرة كبيرة على تحليل البكتين؛ وهذه الصفات مجتمعة تجعل هذا العفن له القدرة على إحداث فساد فى الفاكهة المعلبة وعصائر الفاكهة. كذلك فإن النوع *B. nivea* ينتج السم الفطرى المعروف باسم باتشلين Patulin.

2 - *Claviceps*

يعتبر النوع *C. purpurea* من أهم الأنواع التابعة لهذا الجنس حيث يتميز بقدرته على إنتاج سموم فطرية على الحبوب، وهذه السموم عبارة عن قلويدات alkaloids وقد نشأت حالات تسمم فى الماضى كان آخرها عام 1951 ويرجع انحسار انتشار هذا التسمم إلى تحسين تداول الحبوب.

3 - *Neurospora*

أهم ما يميز هذا الجنس وجود الكونيديا المتبرعمة budding conidia (شكل رقم13-8)، وقد تم اكتشاف تكوين الأبواغ الأسكية (الطور الجنسى) ذات الشكل المضلع ribbed ascospores لذلك سمى هذا العفن *Neurospora* وأصبح يتبع *Ascomycotina* وقبل اكتشاف الطور الجنسى كان أسمه *Monilia* ويتبع الفطريات الناقصة. والجدير بالذكر أن تكوين الأبواغ الأسكية يكون نادر الحدوث بعكس تكوين الكونيديا المتبرعمة (الطور اللاجنسى) الشائع الحدوث.

شكل رقم 13 - 8 : الكونيديا المتبرعمة فى الجنس *Neurospora* (شكل توضيحى)

المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

من أهم الأنواع التابعة لهذا الجنس *N. sitophila* المعروف بعفن الخبز الأحمر وذلك بسبب نموه الملون على الخبز، كذلك فإن هذا الفطر ينمو على باجاس (مصاصة) قصب السكر وعلى العديد من الأغذية مما يسبب فسادها. ومن ناحية أخرى نجد أن هذا العفن يستخدم فى إنتاج أغذية متخمرة فى الشرق الأقصى (الاونتجوم الأحمر red ontjom وهو ناتج من تخمر عجينة الفول السودانى المضغوطة).

ثالثاً : قسم : Division : *Deuteromycotina*

يضم هذا القسم مجموعة كبيرة من الفطريات غير المتجانسة والتى لها هيفات مقسمة وتتكاثر لا جنسياً ويمكن اعتبار أفراد هذا القسم فطريات تتبع إما *Ascomycotina* أو *Basidiomycotina* ولكن ليس لها طور جنسى بعد .. لذلك فإنها تسمى بالفطريات الناقصة وفيما يلى أهم أجناس الأعفان التابعة لهذا القسم:

1 - *Alternaria*

أهم ما يميز هذا الجنس هو تكوين كونيديا عديدة الخلايا مقسمة طولياً وعرضياً بنية اللون تتراص فوق بعضها فى سلاسل فوق الحامل الكونيدى الذى يكون قاتم اللون أيضاً وتظهر كتلة الميسيليوم الهوائى عادة باللون الرمادى المخضر أو البنى أو بلون الزيتون الأخضر (شكل رقم 13 - 9).

شكل رقم 13 - 9 : الكونيديا عديدة الخلايا المقسمة طولياً وعرضياً فى الجنس *Alternaria* (شكل توضيحى)

المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

obeikandl.com

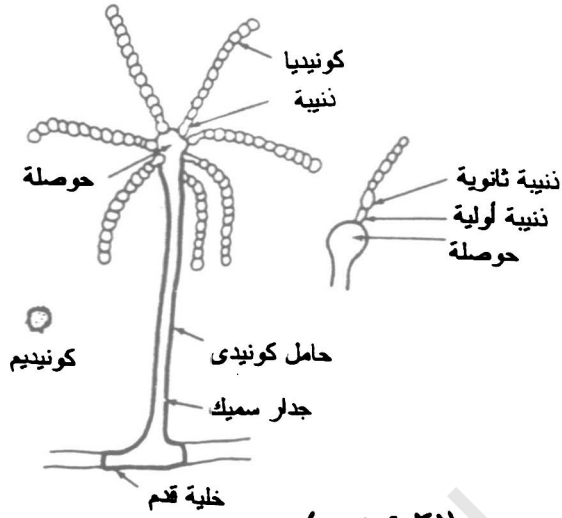
يعتبر أفراد هذا الجنس مسببا شائعاً لفساد الأغذية حيث يهاجم أنسجة الطماطم الضعيفة أو المجروحة فى الحقل، ونتيجة لنمو العفن القاتم فإن هذا الفساد يسمى بإسم التعفن الأسود كذلك فإن النوع *A. citri* يسبب تعفن الموالح ويساهم أفراد هذا الجنس فى تغيير نكهة بعض منتجات الألبان كما أن بعض أفراده تنتج سموماً فطرية.

2 - *Aspergillus*

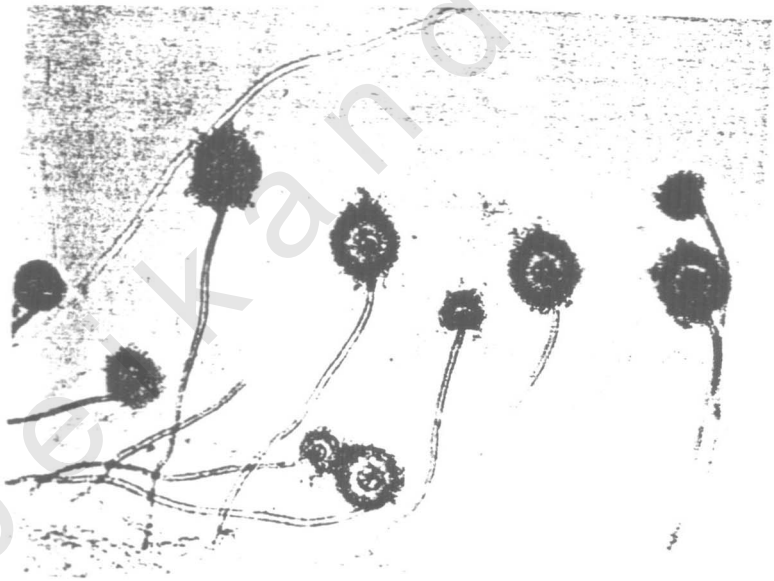
هيفات العفن مقسمة، ينمو فى مستعمرات محددة متماسكة، تخرج الحوامل الكونيدية من خلية القدم foot cell وهى عبارة عن خلية من خلايا الميسيليوم كبيرة الحجم ولها جدار سميك، ينتفخ الحامل الكونيدى فى نهايته مكوناً حوصلة vesicle عليها ذنيبات stregmata أولية وثانوية تترتب فوقها الكونيديا فى سلاسل، ويتراوح لون الكونيديا بين الأخضر والبنى والأسود حسب الأنواع المختلفة (شكل رقم 13 - 10).

ينتشر هذا العفن انتشاراً واسعاً فى الطبيعة حيث يتواجد فى التربة والمواد العضوية ويتواجد فى الفاكهة والخضروات والحبوب المخزنة وغيرها من منتجات الأغذية ويوجد منه حوالى 132 نوع ويعرف هذا الجنس مع أفراد الجنس *Penicillium* بفطريات التخزين فى الحبوب.

يسبب فساد لون الحبوب ويقلل أو يحطم إنبات البذور ويسبب هذا العفن فساد الكثير من الأغذية. كما أن من أفراد هذا الجنس ما ينتج سموماً فطرية وأشهرها *A. flavus*، *A. parasiticus* اللذان ينتجان السموم الفطرية الشهيرة المعروفة باسم الأفلاتوكسينات (ذيفانات أفلا) Aflatoxins. ومن ناحية أخرى فإن الكثير من أفراد هذا الجنس لها استخدامات صناعية مثل إنتاج الأحماض العضوية والإنزيمات كذلك يستخدم البعض فى إنتاج بعض الأغذية المتخمرة خاصة فى دول الشرق الأقصى أو يستخدم العفن كمصدر للبروتين كغذاء للحيوان أو الإنسان.



(شكل توضيحى)



الميسليوم والرؤوس الكونيدية كما تظهر تحت المجهر للجنس *Aspergillus*

شكل رقم 13 - 10 : شكل توضيحى وآخر مجهرى للجنس *Aspergillus*

المصدر : Banwart (1989) - Frazier and Westhoff (1988) .

obeikandl.com

3 - *Botrytis*

يتكاثر العفن لا جنسياً بواسطة الأبواغ الكونيدية التى تتواجد على ذنيبات قصيرة والحامل الكونيدى متفرع بغير انتظام ويلاحظ أن مكان وعدد الذنيبات يظهر الكونيديا كأنها عناقيد عنب (شكل رقم 13 - 11).

شكل رقم 13 - 11 : الجنس *Botrytis* (شكل توضيحى)

المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

أكثر الأنواع شيوعاً هو *B. cinerea* الذى يسبب التعفن الرمادى لكثير من النباتات مثل الخس والطماطم والفراولة والعنب. وهو من فطريات الحقل حيث يأتى من التربة ويهاجم النباتات فى الحقل خاصة خلال مناطق الشقوق والجروح فى النبات.

4 - *Cladosporium*

تتكون الكونيديا إما من خلية واحدة أو من خليتين two - celled وتتواجد فى سلاسل متفرعة على الحامل الكونيدى وعندما تتكاثر الكونيديا بالتبرعم فإن ذلك يسبب التفرع (شكل رقم 13 - 12). مستعمرات العفن سميكة محدودة النمو ناعمة إلى قطيفية لونها أخضر أو زيتونى أو بنى أو أسود.

وهو من الأعفان القاتمة dark moulds التى تسبب بقعاً سوداء على عدة أغذية. ويشيع تواجد العفن فى التربة كما يمكنه النمو على الأنسجة الضامة connective tissues أو على الدهن المغطى للحم عندما يخزن عدة أيام فى الثلاجة وينتج عن ذلك تبقع لون اللحم

باللون الأسود، وأيضاً ينمو العفن على الحبوب المخزنة ومنتجات الألبان كما أن النوع *C. carpophilum* يسبب جرب الخوخ peach scab.

شكل رقم 13 - 12 : الجنس *Cladosporium* (شكل توضيحى)

المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

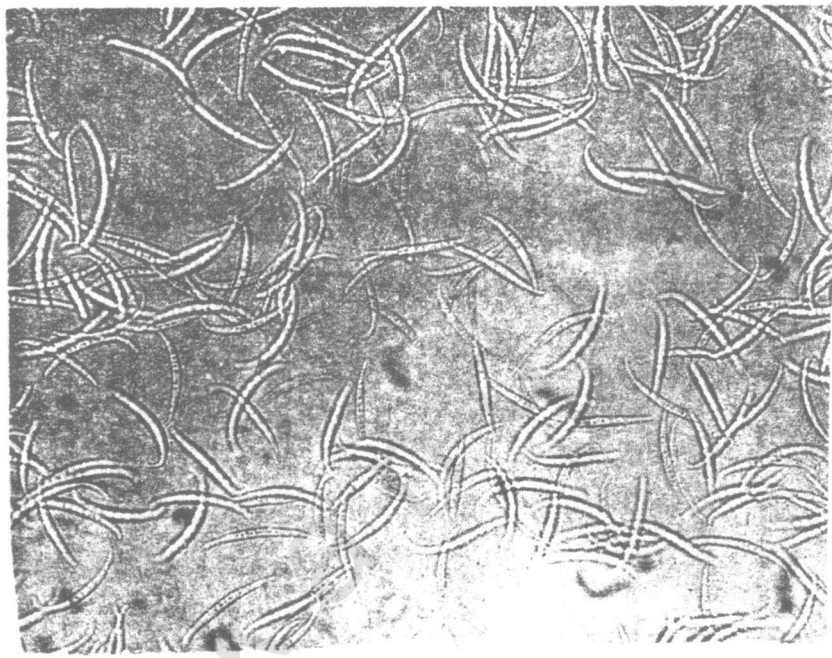
5 - *Fusarium*

يظهر الميسيليوم بمظهر قطنى أو زغبى خفيف fluffy وتختلف الأنواع التابعة للجنس فى لونها فمنها الأبيض، الأبيض الوردى، الوردى، الأحمر، الأحمر البنى، البنى، البنى الفاتح، الخوخى، البرتقالى، الأزرق، البنفسجى، القرمزى. المستعمرات منتشرة النمو والكونيديا المتكونة بواسطة هذا العفن لها أشكال مختلفة منها الإسطوانى، المستطيل، الكروى، المنجلى، الكمثرى، الإبرى، الهلالى، البيضى. ويوجد نوعان من الكونيديا (شكل رقم 13-13) .

أ – ماكروكونيديا macroconidia وهى مكونة من عدة خلايا وعادة تكون منحنية عند نهايتيها المدببتين مثل شكل القارب المقوس canoe.

ب – ميكروكونيديا وهى خلية واحدة تكون بيضاوية أو مستطيلة.

تنتشر أفراد هذا الجنس انتشاراً واسعاً فى الطبيعة وتتواجد فى التربة والمواد المتحللة وفى كثير من الأغذية وبعض أفراده يسبب أمراضاً للنبات وهو من فطريات محاصيل الحقل حيث يسبب فساد الطماطم (تعفن الطماطم) ويسبب التعفن الجاف أو التعفن الأبيض فى



شكل رقم 13 - 13 : الجنس *Fusarium*

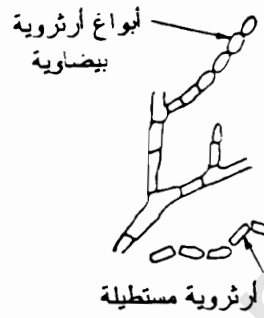
الشكل العلوى توضيحى، والسفلى تحت المجهر

المصدر : Frazier and Westhoff (1988) - Banwart (1981)

البطاطس (وذلك بواسطة *F. solani*) . كما يهاجم محاصيل الحبوب فى أنحاء كثيرة من العالم وفى بعض السنوات تسبب هذا الجنس فى فقد 50 ٪ من القمح وبعض المحاصيل الأخرى فى اليابان. كما أن أفراد هذا الجنس تنتج سموماً فطرية مثل مجموعة التريكوثيكينات trichothecenes ومنها السم الفطرى المعروف باسم دى أوكسى نيفاليدول deoxynivalinol أو باسم فوميتوكسين vomitoxin والذى يتسبب فى رفض الحيوانات للعليقة المتواجد بها هذا السم وإذا تناولتها يحدث لها قئ vomiting.

6 - *Geotrichum*

عفن يشبه الخميرة وينمو بسرعة على درجات حرارة الغرفة مكوناً مستعمرات لونها أبيض أو كريمى وهناك بعض الأنواع لونها برتقالى وأحمر. الهيفات مقسمة ومتفرعة وتتكسر إلى أبواغ أرثروية arthrospores وهذه تكون مستطيلة أو بيضاوية أو كروية أو برميلية الشكل (شكل رقم 13 - 14).



شكل رقم 13 - 14 : الجنس *Geotrichum* (شكل توضيحى)

المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

عادة ما يطلق على الجنس *Geotrichum* اسم عفن الألبان ومنتجاتها dairy mould وذلك لنموه على هذه المنتجات، ومن أهم أنواعه *G. candidum* الذى يسمى عفن الماكينات machinery mould وذلك لنموه على المعدات الملاصقة لأجزاء الغذاء أو العصائر أثناء التصنيع خاصة تلك المعدات التى لم يتم تنظيفها جيداً ويتبقى عليها بقايا الأغذية والعصائر وبالتالى يحدث تلوث بهذا الفطر لكثير من أنواع الأغذية المصنعة عن طريق المعدات.

وطبعاً هذا الفطر يقتل بالحرارة المستخدمة فى التصنيع ولكن يمكن مشاهدة الهيفات (غير الحية) بواسطة الفحص المجهرى ووجود هذه الهيفات فى الأغذية المعبأة دليل على عدم إتباع الممارسات الصحية السليمة أثناء التصنيع.

Monascus - 7

أهم نوع هو *M. purpureus* وله نمو منتشر وله لون أحمر أو قرمزى يتواجد فى منتجات الألبان والأرز الأحمر الصينى chinese red rice والمعروف باسم انج – خاك ang - khak . يستخدم هذا العفن حالياً كمصدر لإنتاج الصبغات الحمراء الطبيعية.

Penicillium - 8

هيفات العفن مقسمة والحامل الكونيدى مقسم ومتفرع مكوناً رأساً من الكونيديا تشبه المكنسة ويقسم هذا الجنس إلى مجموعات حسب تفرع الحامل الكونيدى، الحامل الكونيدى خشن ولكن الكونيديا ناعمة وكروية وتنشأ فى سلاسل (شكل رقم 13 - 15 ، انظر أيضاً شكل رقم 13 - 4)، وقد يكون لونها أخضر أو أخضر رمادياً أو أخضر مزرقاً أو أخضر مصفراً أو أن تكون بيضاء.

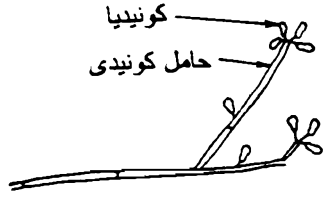
شكل رقم 13 - 15 : الميسليوم والرؤوس الكونيدية للجنس *Penicillium* كما تظهر تحت المجهر

المصدر : Banwart (1989)

يعتبر هذا العفن من أكثر الأعفان انتشارا فى الطبيعة ويوجد منه العديد من الأنواع. وهو من فطريات التخزين storage fungi خاصة فى الحبوب حيث ينمو على الحبوب أثناء تخزينها ويسبب فسادها كما يسبب فساد الخبز واللحم والخضروات والفاكهة والجبن فمثلاً نجد أن *P.expansum* وهو العفن ذو الأبواغ الخضراء المزرقة يسبب التعفن فى بعض الفاكهة مثل التفاح والكمثرى والخوخ والنوع *P. digitatum* وأبواغه لونها أخضر زيتونى أو أخضر مصفر يسبب عيب العفن الأخضر فى الموالح بينما *P. italicum* وأبواغه لونها أزرق مخضر يسبب عيب العفن الأزرق فى الموالح، كذلك فإن بعض أنواع هذا الجنس تشكل خطورة على صحة الإنسان فمنها ما يسبب أمراضاً مثل التهابات الجهاز التنفسى والبولى كذلك وجد أن الجنس *Penicillium* ينتج أكثر من مائه سم فطرى مثل الأوكراتوكسينات ochratoxins والركفورتين roquefortine والباتشلين patulin والسترنين citrinin . ومن ناحية أخرى فإن أفراد هذا الجنس تستخدم فى أغراض مفيدة مثل تصنيع الجبن الكاممبرت والجبن الريكفورت وإنتاج الإنزيمات مثل glucose oxidase وإنتاج الكثير من المضادات الحيوية.

9 - *Sporotricum*

الكونيديا صغيرة كمثرية الشكل توجد مفردة على نتوءات projections ولا توجد فى سلاسل (شكل رقم 13 - 16) يكون مستعمرات عادة بيضاء أو ذات لون كريمى ولكن أحياناً يكون لونها أصفر أو رمادياً أو ورديا أو أحمر أو أخضر. من أهم الأنواع التابعة لهذا الجنس *S. carnis* والذى يمكنه النمو على درجات حرارة منخفضة (-8 م إلى -5 م) (18- 23 ف)



شكل رقم 13 - 16 : الجنس *Sporotrichum* (شكل توضيحى)

المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

obeikandl.com

وبالتالى فإنه ينمو على اللحوم فى الثلاجات ويسبب الفساد المعروف باسم البقع البيضاء white spots أيضاً النوع *S. schenckii* وهو يسبب أمراضاً جلدية ويصيب أنسجة تحت الجلد أيضاً. ومن ناحية أخرى فإن النوع *S. thermophile* والذى له درجة حرارة مثلى للنمو40° م (104° ف) ينتج إنزيم السليوليز cellulase ويستخدم لتحليل السليلوز إلى مركبات أبسط.

10 - *Trichothecium*

أكثر أنواع هذا الجنس شيوعاً هو *T. roseum* وهو عفن وردى pink mould ينمو على الفاكهة مثل التفاح والخوخ وعلى الخضروات مثل الخيار وينمو على الخشب والورق، يمكن التعرف على هذا العفن بسهولة عن طريق الكونيديا الخاصة به حيث أنها ذات خليتين two - celled conidia وهى تتواجد فى شكل عناقيد على حامل كونيدى قصير (شكل رقم 13 - 17).

شكل رقم 13 - 17 : الجنس *Trichothecium* (شكل توضيحى)

المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

13 - 3 - 2 - 2 الخمائـــــر

تعرف الخمائر بأنها فطريات وحيدة الخلية بمعنى أن جسم الفطر fungal thallus عبارة عن خلية واحدة على عكس الأعفان التى يتكون جسمها thallus من ميسيليوم وأجسام ثمرية fruiting bodies . ولكون الخمائر وحيدة الخلية فإن ذلك يعطيها ميزة عن شكل

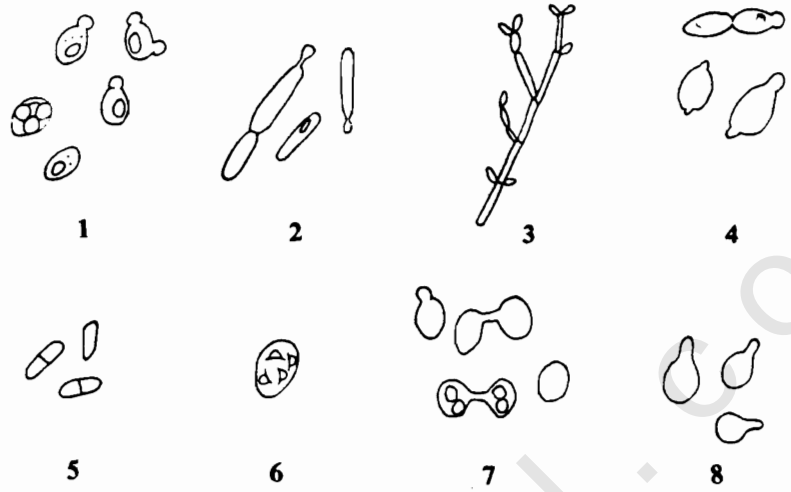
الميسليوم الموجود فى الأعفان حيث نجد أن نسبة السطح إلى الحجم كبيرة مما يسمح بنشاط حيوى أعلى وكذلك تكون أكثر انتشاراً وتوزيعاً عما لو كانت فى صورة ميسليوم.

13 - 3 - 2 - 2 - 1 الصفات العامة للخمائر

أولاً : الشكل الظاهرى

نجد أنه من الصعب التفرقة بين مستعمرات الخميرة ومستعمرات البكتريا النامية على البيئات الصلبة وعموماً تكون معظم مستعمرات الخميرة حديثة العمر young ذات قوام لزج ومبتلة وتكون معظم المستعمرات بيضاء أو ذات لون كريمى أو ملونة وبزيادة عمر المستعمرة قد تتغير قليلاً والبعض الآخر يصبح جافاً ومجعداً wrinkled، أما فى البيئات السائلة فنجد أن الخمائر قد تنمو فى صورة غشاء (فيلم) film أو قشرة رقيقة pelicle أو زبد scum على سطح السائل لذلك يطلق على هذه الخمائر خميرة الفيلم film yeast وهى تنتمى لمجموعة الخمائر المؤكسدة oxidative yeast أما الخمائر المخمرة fermentative yeast فإنها تنمو داخل البيئة السائلة.

يمكن تمييز خلايا الخميرة عن خلايا البكتريا باستخدام المجهر فخلايا الخميرة أكبر (2 - 10ميكرومتر). ونجد أن الخمائر تأخذ أشكالاً متعددة أهمها الكروى والبيضاوى spherical and ovoid ومنها أيضاً المستطيل elongate والمثلثى triangular وشكل الكمثرى pear - shape وشكل الليمون lemon - shape وشكل الزجاجة bottle - shape (شكل رقم 13 - 18)، وعادة تكون الخلايا مفردة أو مزدوجة أو تكون تراكيب متعددة الخلايا مثل الكتل أو تكون سلاسل من خلايا مستطيلة تسمى هيفا كاذبة pseudohyphae ثم يتكون الميسليوم الكاذب pseudomycelium من هذه الهيفات [شكل رقم 13 - 18 (3)] (الهيفات عبارة عن خلايا مستطيلة نشأت من براعم ملتصقة ببعضها فى سلاسل متفرعة) ويلاحظ أن الخلايا فى الميسليوم الكاذب تكون مستقلة عن بعضها ولا تتصل عن طريق فتحات pores ببعضها كما هو الحال فى ميسليوم الأعفان. كما يوجد بعض الخمائر التى يمكنها تكوين ميسليوم حقيقى تحت ظروف نمو معينة.



1- *Saccharomyces cerevisiae* وخلاياها المتبرعمة مع ظهور كيس أسكى به أربعة أبواغ أسكية.

2 - الخلايا المستطيلة للجنس *Candida* .

3 - خلايا *Candida* تظهر الميسليوم الكاذب.

4 - خلايا خميرة لها شكل الليمون.

5 - خلايا مستطيلة تتكاثر بالانقسام ممثلة للجنس *Schizosaccharomyces*.

6 - أبواغ فى شكل القبعة تميز الجنس *Hansenula*.

7 - اقتران الأكياس الأسكية فى الجنس *Zygosaccharomyces*.

8 - خلايا خميرة لها شكل الزجاجة.

شكل رقم 13 - 18 : الأشكال المختلفة لبعض الخمائر (أشكال توضيحية)

المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

وتجدر الإشارة إلى أن بعض الفطريات تكون مزدوجة الشكل dimorphic fungi وهذه يمكنها النمو فى شكل عفن أو فى شكل خميرة تبعا لظروف النمو، والميسيليوم الذى تكونه يكون ميسليوم حقيقياً. والجدير بالذكر أن كثيراً من الفطريات المسببة للأمراض فى الإنسان والحيوان تكون مزدوجة الشكل dimorphic مثل *Candida albicans* التى تسبب مرض القلاع thrush الذى يصيب الأغشية المخاطية خاصة الموجودة فى الفم.

obeikandl.com

ونجد أن عدداً محدوداً من الخمائر يكون كبسولا خارجيا extracellular capsules وذلك مثل *Cryptococcus neoformans* التى تسبب نوعاً من أنواع الالتهاب السحائى المزمن chronic form of meningitis.

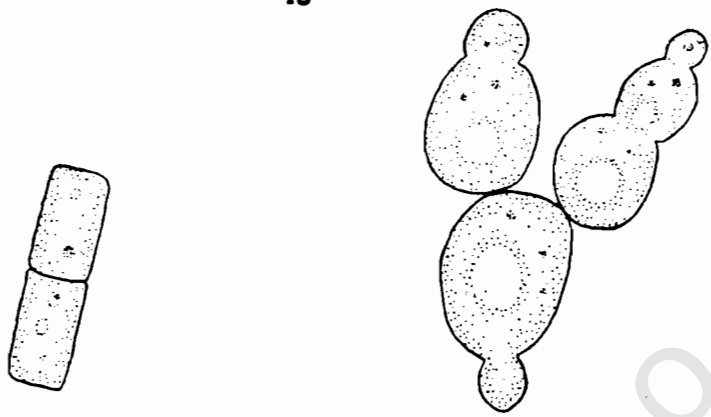
ثانياً : التكاثـــر

1 - التكاثر اللاجنسى

تتكاثر جميع الخمائر لاجنسياً وهى الطريقة الوحيدة للتكاثر لحوالى 50٪ من الخمائر وتسمى الخمائر التى تتكاثر لاجنسياً فقط باسم الخمائر الكاذبة false yeasts ونجد أن الخمائر تتكاثر لاجنسياً عادة عن طريق التبرعم budding (شكل رقم 13 - 19) حيث يبدأ ظهور نتوء من الخلية الأم أو الخلية الأصل parental cell ثم ينتفخ ويكبر ليكون بوغاً بلاستوويا blastospore ثم ينفصل بعد ذلك عن الخلية الأصل، وقد تحمل الخلية الأصلية برعماً أو أكثر. وتطلق عدة أسماء على التبرعم على حسب مكان وعدد البراعم على الخلية الأصل فإذا ظهر البرعم عند الطرف القصير للخلية الأصل أطلق عليه تبرعم طرفى polar ، وإذا تكون برعمان على طرفى الخلية أطلق عليه التبرعم ثنائى الطرف bipolar [شكل13-18(4)] وإذا تكونت براعم متعددة على أى مكان من الخلية الأصل سمى التبرعم الجانبى المتعدد multilateral وإذا تكونت البراعم عند قاعدة الأكتاف الضيقة للخلية الأصل سمى بالتبرعم عند قاعدة الأكتاف الضيقة narrow - base sholder.

وهناك بعض الخمائر تكون البراعم على نتوءات strigmata or stalks لتصبح أبواغاً وبعد ذلك يمكن للخلية عن طريق ميكانيكية معينة قذف هذه الأبواغ بعيداً عن الخلية وتسمى هذه الأبواغ بالأبواغ الباليستووية ballistospores.

ولكن يوجد بعض الخمائر تتكاثر بالإنقسام fission (شكل رقم 13 - 19) لذا تسمى fission yeasts وذلك مثل *Shizosaccharomyces pombe* وهذا الانقسام مثل الانقسام الثنائى binary fission الذى يحدث فى البكتريا.



التكاثر بالانقسام　　التكاثر بالتبرعم

شكل رقم 13 - 19 : التكاثر اللاجنسى فى الخمائر (شكل توضيحى)

المصدر : Alexopoulos (1972)

2 - التكاثر الجنسى

تتكاثر بعض الخمائر جنسياً بالإضافة للتكاثر اللاجنسى وتسمى هذه الخمائر بالخمائر الحقيقية true yeast ويتم التكاثر الجنسى فى الخمائر ذات الأهمية فى مجال الأغذية عن طريق إنتاج الأبواغ الأسكية حيث تصبح خلية الخميرة عبارة عن الكيس الأسكى وتحوى بداخلها الأبواغ الأسكية ويعتبر عدد ومظهر الأبواغ الأسكية من الصفات المميزة للأنواع المختلفة من الخمائر وتختلف الأبواغ الأسكية فى اللون والشكل ومن أشكالها مايلى : كروى spheroidal إسطوانى cylindrical بيضاوى ovoid كلوى bean - shaped قبعى hat - shaped إبرى needle - shaped مثلثى triangular.

ثالثاً : الصفات الفسيولوجية

1- الرطوبة : تنمو معظم الخمائر الشائعة فى وجود كمية كافية من الرطوبة المتاحة (نشاط الماء A_w) ولكن العديد من الخمائر ينمو فى وجود تركيزات عالية من المذاب (ملح أو سكر) بالمقارنة بمعظم البكتريا لذا فإنها تحتاج رطوبة متاحة أقل من معظم البكتريا ومن ناحية أخرى تحتاج الخمائر رطوبة متاحة أعلى من الأعفان. وطبعاً كل نوع من الخميرة له A_w

أمثل لنموه ومدى من A_w يمكن له النمو فيه تحت ظروف بيئية معينة وطبعاً تختلف الـ A_w هذه بإختلاف بعض العوامل الأخرى المؤثرة على النمو مثل درجة الحرارة والـ pH ووجود المثبطات .. ألخ.

2- **درجة الحرارة** : معظم الخمائر لها درجة حرارة مثلى تتراوح بين 25 - 30°م (77-86°ف) أما درجة الحرارة العظمى للنمو فتتراوح بين 35 - 47°م (95 - 117°ف) وهناك بعض الخمائر لها القدرة على النمو على درجة الصفر المئوى (32°ف) أو أقل. ويسهل قتل خلايا الخميرة وأبواغها بالحرارة.

3- **الـ pH** : تنمو الخمائر فى مدى واسع من الـ pH وتنمو أفضل فى المدى بين 4 - 4.5 ولا تنمو فى الوسط القلوى إلا إذا أقلمت عليه.

4- **الأكسجين** : تنمو الخمائر أفضل فى الظروف الهوائية . والأنواع المخمرةfermentative types يمكنها النمو لاهوائياً ولكن ببطء.

5- **الاحتياجات الغذائية** : تعتبر السكاكر أحسن مصادر الطاقة بالنسبة لمعظم الخمائر وتتميز الخمائر بأنها تتطلب مصدر كربون بنسبة عالية فى البيئة. أما احتياجها لمصدر النتروجين فإنه يتراوح بين المركبات البسيطة مثل الأمونيا واليوريا إلى الأحماض الأمينية والببتيدات العديدة. كما تحتاج الخمائر لنموها إلى بعض عوامل النمو growth factors بمعنى أن الخمائر لها احتياجات غذائية أشد تعقيداً من الأعفان.

13 - 3 - 2 - 2 - 2 أهم أجناس الخمائر فى مجال الأغذية

يوجد الآن حوالى 597 نوعاً من الخمائر مقسمة إلى 83 جنساً على أساس الشكل الظاهرى بما فى ذلك الصفات المزرعية وطريقة التكاثر وأيضاً الصفات الفسيولوجية والكيموحيوية. ويمكن تقسيم الخمائر على أساس طرق التكاثر إلى أربع مجاميع يهمنا فى مجال الأغذية مجموعتان هما :

أولاً – مجموعة تنتج أبواغاً أسكية وتتبع *Ascomycotina* وتنتمى للخمائر الحقيقية وسوف نناقش أهم سبعة أجناس منها.

ثانياً – مجموعة لا تتكاثر جنسياً وتتبع *Deuteromycotina* (الفطريات الناقصة) وتسمى بالخمائر الكاذبة وسوف نناقش أهم أربعة أجناس منها .

وفيما يلى نبذة عن أهم الأجناس فى مجال الأغذية مرتبة أبجدياً طبقاً للإسم العلمى وسوف يكتب الإسم العلمى القديم بين قوسين إذا لزم ذلك.

أولاً : الخمائر الحقيقية True yeast

1 - *Debaryomyces*

الخلايا الخضرية عادة دائرية أو كروية ويحدث التكاثر بواسطة التبرعم الجانبى المتعدد maltilateral أما التكاثر الجنسى فيتم عن طريق تكوين الأبواغ الأسكية وذلك نتيجة إتحاد الخلية الأصل مع البرعم. والأبواغ الأسكية الناتجة تكون دائرية أو بيضاوية وعادة يوجد 1 - 2 بوغ داخل الكيس الأسكى.

وقدرة هذه الخمائر على التخمير ضعيفة أو بطيئة أو منعدمة ولا يمكنها عمل تمثيل حيوى للنيترات وأنواع هذا الجنس من أكثر أنواع الخمائر انتشاراً فى تكوين فيلم أو طبقة رقيقة على سطح الأغذية المحفوظة فى محاليل ملحية. يشارك أفراد هذا الجنس فى فساد عيش الغراب، الجبن، مهروس الطماطم، والسجق. ومن أشهر الأنواع *D. hansenii (D. kloeckeri)* وهذا النوع له مقاومة عالية للملح حيث يمكنه النمو على بيئات تحتوى 18-20 ٪ ملحاً ويشارك هذا النوع فى فساد الجبن والسجق وعجينة الطماطم وغيرها من الأغذية.

2 - *Hanseniaspora*

الخلايا ليمونية الشكل إلى بيضاوية أو بيضاوية طويلة وهى دائماً ثنائية الكروموسوم diploid حيث تعتبر هذه الخمائر مرحلة من تكوين الأبواغ الأسكية للجنس *Kolekera*. البراعم المتكونة بواسطة أفراد *Hanseniaspora* تكون ثنائية الطرف. والقوة التخميرية لهذه الخمائر عالية ولكن مقاومتها للكحول ضعيفة (4 - 6٪) يشارك أفراد الجنس فى تخمير وفساد الفاكهة.

3 - *Hansenula*

تتكاثر أفراد هذا الجنس لاجنسياً بالتبرعم الجانبى المتعدد وجنسياً بتكوين الأبواغ الأسكية التى تتميز بشكل يشبه القبعة، وهذه الخمائر لها قدرة على تكوين ميسيليوم. يوجد تشابه فى الشكل الظاهرى بين أفراد هذا الجنس وأفراد الجنس *Pichia* غير أن لأفراد هذا الجنس قدرة تخميرية أعلى من أفراد الجنس *Pichia*. كما أن أفراد هذا الجنس لها القدرة على التمثيل الحيوى للنيترات.

عزلت أنواع من هذا الجنس من الحبوب، الفاكهة، الجمبرى، المحلول الملحى للخيار والزيتون المملح.

4 - *Kluyveromyces*

الخلايا دائرية أو إسطوانية أو مستطيلة وتتكاثر لاجنسياً بالتبرعم الجانبى المتعدد. لها قدرة تخميرية عالية ولها القدرة على النمو بين 5 - 46 °م (41 - 115°ف) وبعض أنواع هذا الجنس محبة للتركيزات العالية من السكر osmophiles.

وجدت هذه الخمائر فى الكثير من الأغذية مثل الفاكهة واللبن ومنتجاته وتسبب فساد التين ومنتجات الألبان.

5 - *Pichia*

الخلايا لها أشكال متعددة عادة بيضاوى إلى إسطوانى وتتكاثر لاجنسياً بالتبرعم الجانبى المتعدد وجنسياً بواسطة تكوين الأبواغ الأسكية التى تكون مستديرة عادة أو على شكل القبعة ويوجد 4 أبواغ فى كل كيس أسكى كما أن معظم الأنواع تكون ميسليوم كاذباً. تسبب فساد الفاكهة، منتجات الألبان، ويمكنها التواجد فى صورة فيلم أو قشرة على الأغذية المحتوية محاليل ملحية.

6 - *Saccharomyces*

الخلايا دائرية أو إسطوانية أو مستطيلة أو على شكل جسم مقطوع ellipsoidal، وتتكاثر لاجنسياً بالتبرعم الجانبى المتعدد وجنسياً بالأبواغ الأسكية التى تتواجد بواقع 1 - 4 بوغ فى

كل كيس أسكى، قد تكون ميسليوم كاذباً ولكنها لا تكون ميسليوم حقيقياً.

تظهر المستعمرات على البيئات المحتوية على الآجار بيضاء أو ذات لون كريمى وتتميز برائحة الخميرة المثالية. والإسم *Saccharomyces* يعنى خميرة السكر، وكل أنواع هذا الجنس لها قدرة تخميرية عالية. هذه الخمائر واسعة الإنتشار والتوزيع ويمكنها إحداث فساد الفاكهة ومنتجاتها، السكر، العسل، المايونيز، منتجات الألبان، وبعض الأغذية المتخمرة مثل الخيار المخلل. وقد تم تغير الإسم العلمى لبعض أفراد هذا الجنس نذكر منها :

S. bailii	ليصبح	*(S. uvarum)*
Kluyveromyces marxianus	ليصبح	*(S. fragilis)*
Zygosaccharomyces rouxii	ليصبح	*(S. rouxii)*

7 - ***Schizosaccharomyces***

تتميز أفراد هذا الجنس بتكاثرها لاجنسياً عن طريق الانقسام وليس التبرعم أما التكاثر الجنسى فيكون عن طريق تكوين الأبواغ الأسكية بواقع 4 - 8 بوغ لكل كيس أسكى وقد تكون الخلايا ميسليوم حقيقياً يتكسر إلى أبواغ أرثروية arthrospores ويتراوح شكل الخلايا بين الكروى إلى الإسطوانى.

ترتبط هذه الخمائر بفساد الفاكهة مثل البرقوق والتين كما تسبب فساد الزبيب والمولاس والعسل الأسود.

ثانياً : الخمائر الكاذبة False yeast

1 - ***Candida***

يضم هذا الجنس عدداً كبيراً من الخمائر وهو يحوى الأطوار الناقصة imperfect forms للخمائر المكونة للجراثيم الأسكية التابعة للأجناس *Hansenula – Debaryomyces – Saccharomyces – Pichia – Kluveromyces* . الخلايا كروية، إسطوانية، بيضاوية، أو مستطيلة. تكون كل الأنواع ميسليوم كاذباً والبعض يكون ميسليوم حقيقياً والبعض الآخر له القدرة على تكوين أبواغ كلاميدية chlamydospores. تنتشر الكائنات التابعة لهذا الجنس

انتشاراً واسعاً حيث تتواجد فى التربة والماء والهواء والنباتات والحشرات والحيوان والإنسان ومياه المجارى وأجهزة التصنيع والمنتجات الغذائية.

تحدث فساد لكثير من الأغذية مثل الفاكهة الطازجة والخضروات ومنتجات الألبان وتكون ريماً (فيلماً) على المحاليل الملحية للزيتون والخيار المخلل والأنواع المحبة لدرجات الحرارة المنخفضة تكون سائدة فى عصائر الفاكهة . وبعض الأنواع تسبب أمراضاً للإنسان والحيوان.

2 - *Rhodotrula*

الخلايا كروية إلى بيضاوية ومستطيلة وتتكاثر بالتبرعم الجانبى المتعدد وأفراد هذا الجنس غير مخمرة للكربوهيدرات ولها القدرة على تكوين صبغات تنتمى للصبغات الكاروتينيدية carotenoid وتسبب فساد لون الأغذية حيث تسبب بقعاً ملونة على اللحوم أو مساحات لونها وردى فى الكرنب المخلل saurkraut.

3 - *Torulopsis*

يشمل هذا الجنس مجموعة غير متجانسة من الخمائر الكاذبة أو الناقصة، تتكاثر الخلايا بالتبرعم الجانبى المتعدد وليس لها القدرة على تكوين ميسليوم ومستعمراتها عادة بيضاء أو ذات لون كريمى ولا تكون أصباغاً ويمكنها تحمل تركيزات من كلوريد الصوديوم تتراوح بين 2٪ إلى 21٪ على حسب الأنواع. تسبب لزوجة سطح الجبن القريش وتفسد اللحم المبرد والقشدة والزبد واللبن المكثف المحلى ومركزات عصائر الفاكهة كما يمكنها النمو على المحاليل الملحية لكثير من الأغذية.

4 - *Trichosporon*

تتواجد الخلايا فى أشكال مختلفة وتتكاثر بالتبرعم الجانبى المتعدد ويمكنها تكوين ميسليوم حقيقياً وأبواغاً أرثروروية arthrospores كما يمكنها تكوين ميسليوم كاذباً عن طريق الخلايا المتبرعمة. تنمو أفراد هذا الجنس جيداً على درجات الحرارة المنخفضة. وجدت فى الكثير من الأغذية مثل الجمبرى الطازج – الكابوريا – اللحم – الزبد – الجبن – الفاكهة – عصير الفاكهة.