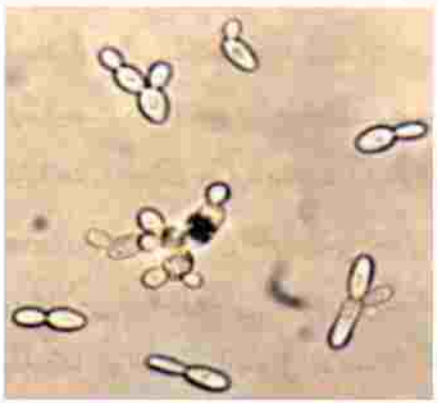
الفصل السابع

الخمائر Yeasts

• التكاثر في الخمائر • الخواص البيئية والفسيولوجية للخمائر • تصنيف الخمائر • أجناس بعض الخمائر ذات الأهمية الغذائية (جنس سكارومايسيس، جنس بيكيا، جنس هانسينولا، جنس ديباريومايسيس، جنس هانسينياسبورا، جنس توريولوبسيس، جنس كانديدا).

الخمائر فطريات وحيدة الخلية Unicellular Fungi، وهي كائنات مجهرية وتمتاز عن خلايا البكتريا بكبر حجمها نسبيا؛ إذ إنه في المتوسط يكون قطرها ٥-٨ ميكرونات. وتتخذ خلية الخميرة عدة أشكال منها البيضي Oval، والكروي Spherical، والممدود Elongated والليموني ... الخ (شكل٢٨).



الشكل رقم (٢٨). بعض أشكال الخمائر.

التكاثر في الخمائر

التكاثر في الخمائر يكون على نوعين:

١- تكاثر جنسي Sexual Reproduction

ويكون بتكوين جراثيم جنسية من النوع الأسكي Ascospores وتسمى الخمائر التي تتكاثر بهذه الطريقة Ascosporogenes yeasts أو الخمائر الأسكية ومثال ذلك *Saccharomyces cerevisiae*.

٢- تكاثر لاجنسي أو خضري Asexual or Vegetative Reproduction

ويتم عن طريق الانشطار Fission أو التبرعم Budding، وتجدر الإشارة إلى أن بعض الخمائر تتكاثر بكلتا الطريقتين جنسياً ولاجنسياً مثل *Schizosaccharomyces* التي تتكاثر جنسيا بالجراثيم الأسكية ولاجنسيا بطريقة الانشطار النصفي.

الخواص البيئية والفسيولوجية للخمائر

معظم الخمائر تنمو - كما أسلفنا - عند درجة حرارة تتراوح مابين ٢٠-٢٥°م، والكثير من الخمائر لاينمو أو ينمو نموا ضعيفا عند ٣٠°م، وتوجد بعض الخمائر التي ترتبط بالإنسان أو الحيوان تنمو عند درجات حرارة تزيد على ٣٥°م، ولكن هذه الأنواع غالبا ليست مهمة من الناحية الغذائية وبالمقابل وجدت بعض الخمائر التي تنمو نموا مثاليا عند درجات حرارة منخفضة (حوالي ١٥°م).

بالنسبة للأس الهيدروجيني فإنه يمكن القول إن الخمائر تنمو عند مدى واسع من الأس الهيدروجيني، والأس الهيدروجيني الأمثل لمعظم الخمائر يتراوح بين ٤,٥ و٦,٥، وتتميز الخمائر بقدرتها الهائلة على النمو في الأوساط الحامضية حيث وجد أن قليلا من الخمائر يمكن أن يثبط نموها بأس هيدروجيني = ٣، ولهذا السبب استغلت

هذه الخاصية في عزل الخمائر من البيئات الطبيعية في البيئات المعملية حيث يتم خفض الأس الهيدروجيني إلى حد كبير ومن ثم يتم استبعاد معظم البكتيريا التي يمكن أن تتفوق في النمو على الخمائر.

معظم الخمائر يتميز بمتطلبات غذائية بسيطة والقليل منها يعتبر متشرطا غذائيا، ولكن تتفاوت الخمائر فيما بينها بالنسبة لمقدرتها على الاستفادة من المواد الكربوهيدراتية فبينما تستطيع جميع الخمائر الاستفادة من الجلوكوز كمصدر للطاقة والكربون فإن مقدرة الخمائر تتفاوت بالنسبة لقدرتها على الاستفادة من السكريات الثنائية والأوليجو والسكريات العديدة، بل وحتى السكريات الأحادية، وكذلك الحال بالنسبة للمصادر النيتروجينية المختلفة.

تصنيف الخمائر

يتم تصنيف الخمائر بناء على الصفات التالية:

١- تكوين الجراثيم الأسكية.

٢- عدد الجراثيم في الكيس الأسكي.

٣- شكل الجراثيم وحجمها.

٤- مظهر الخلايا الخضرية للخميرة تحت المجهر.

٥- نوع التكاثر اللاجنسي.

أ) التبرعم

ب) الانشطار

ج) الجراثيم الأرثرية Arthrospores

٦- تكوين المايسيليوم الحقيقي True mycellium والمايسيليوم الكاذب Pseudomycellium.

٧- تكوين الغشاء على سطح البيئة السائلة في الأنبوبة أو النمو في داخل الأنبوب.

٨- لون المستعمرات على البيئة المعملية.

٩- الخواص الفسيولوجية:

أ) مصدر الكربون والنيتروجين.

ب) متطلباتها من الفيتامينات.

ج) قدرتها التأكسدية والتخمرية.

د) قدرتها على تحليل الدهون، وإنتاج الأحماض وتكوين المادة الشبيهة بالنشا.

هـ) مقاومتها للتراكيز العالية من الملح والسكر.

١٠- مظهر المستعمرات على البيئات المعملية:

قد يساعد مظهر مستعمرات الخميرة على البيئات المعملية في التعرف على الخميرة فوجود غشاء رقيق على سطح السائل في الأنبوبة يدل على أن الخميرة لها قوة تأكسدية Oxidative yeast، فيما وجود صبغة حمراء كاروتينية قد يعني أن الخميرة من جنس رودوتوريولا *Rhodotorula*، وعموما فإن معظم الخمائر تظهر إما لامعة أو مطفية، وقد يكون سطح الخلايا قشديا لامعا أملسا وقد يكون غير مستو.

أجناس بعض الخمائر ذات الأهمية الغذائية

فيما يلي بعض الخمائر ذات الأهمية الغذائية التي سيتم سردها وفق ما ذكر في دليل لودر Lodder, 1970:

جنس سكارومايسيس *Saccharomyces*

الخلايا تكون مستديرة بيضية أو مستطيلة، يمكن أن تكون مايسيليوم كاذبا، التكاثر الخضري يكون بالتبرعم الذي يمكن أن يتكون من أي جهة ولهذا يسمى Multipolar budding، أما التكاثر الجنسي فيتم بتكوين جراثيم أسكية حيث يكون هناك ١-٤ جراثيم داخل الكيس الأسكي. تعتبر *Saccharomyes cerevisiae* التي تنتمي لهذه المجموعة من أهم الخمائر من الناحية الغذائية إذ تستعمل في تحضير مواد غذائية كثيرة، وهناك سلالات كثيرة تنتمي إلى هذا النوع فمثلا توجد سلالة تستعمل في تصنيع الخبز وبعض المعجنات وهذه السلالة يطلق عليها خميرة الخباز Baker's yeast (الشكل رقم ٢٩).

الشكل رقم (٢٩). مستحضر تجاري خميرة الخباز على هيئة جافة.

تعد هذه الخميرة أول ميكروب يستغله الإنسان في تصنيع الغذاء، وهناك سلالات أخرى تستخدم لصناعة أم الكبائر وتعتبر السلالة *S. cerevisiae var*

ellipsoideus من السلالات التي تنتج كحولا كثيرا نتيجة التخمير ولهذا تستخدم لإنتاج الكحول الطبي.

أما *S. carlsbergensis* فتستخدم لصناعة البيرة، و *S. fragilis* يمكن استغلال قدرتها على تخمير اللاكتوز (سكر الحليب) في الاستفادة من مخلفات مصانع الأجبان، وتحويلها إلى كتلة حية يمكن الاستفادة منها كعلف أو حتى في غذاء الإنسان نظرا لارتفاع محتواها من البروتين. أما *S. rouxii* و *S. Bisporus* و *S. bailii* و *S. mellis* فتعتبر من الخمائر التي تتحمل تراكيز عالية من السكر، ولذا فهي المسؤولة غالبا عن فساد التمر الذي يعبر عنه محليا بـ "الخورة" حيث يصل تحملها إلى ٦٠٪ من السكر. أما *S. aceti* فهي على خلاف معظم الخمائر، لها قدرة تأكسدية عالية، لذا تحول الكحول (أكسدة) إلى حمض الخل.

جنس بيكيا *Pichia*

الخلايا بيضية أو اسطوانية يمكن أن تكون مايسيليوما كاذبا والبعض يمكن أن يكون ميسيليوما حقيقيا، و تتكاثر لاجنسيا بالتبرعم وجنسيا بالجراثيم الأسكية (١-٤ جراثيم/كيس) وتكون غشاء على سطح البيئة السائلة مما يدل على أنها مؤكسدة قوية. وهي لا تخمر الكربوهيدرات وتسبب فساد المخللات وبعض العصائروالمنتجات الحليبية ومن الأمثلة بيكيا ميمبرينيفشينس *Pichia membranaefaciens*

جنس هانسينولا *Hansenula*

هذه الخمائر تشبه بيكيا في المظهر لكنها أكثر تخميرا More fermentative وتقوم بتخمير الجلوكوز بشدة ومعظم المواد الكربوهيدراتية. وبعضها يمكن أن يكون غشاء رقيقا فوق البيئة السائلة مثل *H. anomala* .

جنس ديباريومايسيس *Debaryomyces*

الخلايا مستديرة أو بيضية، يمكن أن تكون مايسيليوما كاذبا، وتتكاثر جنسيا بتكوين جراثيم أسكية بجرثومة واحدة للكيس الأسكي. وتتحمل ملوحة عالية، وتنمو على الأجبان والسجق خاصة والمخللات والأغذية المملحة وتكون طبقة رقيقة على أسطح المخللات. ومن الأمثلة *D. kloecheri* و *D. hansenii* التي يمكن أن تتحمل ملوحة تصل ١٨-٢٠٪.

جنس هانسينياسبورا *Hanseniaspora*

وهي ليمونية الشكل ونادرا ماتكون مايسيليوما كاذبا وتتكاثر خضريا بالتبرعم عند القطبين وتنتج جراثيما أسكية، وتنمو على الفواكه والخضار و في العصائر.

ومن الأجناس **غير المكونة للجراثيم الجنسية :**

جنس توريولوبسيس Genus *Torulopsis*

الخلايا مستديرة أو بيضية، ولا تكون مايسيليوما كاذبا. ولها قدرة تخمرية عالية، وتنتج براعم محيطية على الجدار الخلوي Multilateral وتسبب فساد كثير من الأطعمة. وتخمر اللاكتوز، ويمكن أن تتسبب في فساد الحليب، ويمكن أن تسبب فساد الأغذية المركزة كمركزات العصائر والأغذية الحمضية. والبعض منها يتحمل ملوحة

عالية ولذا تتسبب في فساد الأغذية المملحة.ومنها ما يستخدم في إنتاج الجلسرين(الجلسرول) مثل *T. magnoliae* ومنها ما يستخدم في إنتاج إنزيم لايبيز المحلل للدهون مثل*T. ernobii* ومنها ما يستخدم في إنتاج البروتين الميكروبي.

جنس كانديدا *Candida*

من الأجناس الكبيرة، ينتمي له العديد من الخمائرالمهمة. وتتفاوت الأنواع التي تنتمي لهذا الجنس تفاوتا كبيرا بالنسبة للنواحي الشكلية (المورفولوجية) وكذا النواحي الفسيولوجية. وتكون المايسيليوم الكاذب بغزارة، وتكون أحيانا المايسيليوم الحقيقي. وقد تكون خلايا كلاميدية، بعضها يكون غشاء على البيئات السائلة ويمكن أن تسبب فساد الأغذية كالفواكه والخضار الطازجة ومنتجات الحليب واللحم، وبعضها يسبب فساد المارجرين مثل *C. lipolytica* التي تسبب تحلل الدهون في الزبدة والمرجرين. وبعضها يستعمل في إنتاج البروتين الميكروبي(SCP) Single Cell Protein مثل *C. utilis* التي استخدمت كخميرة علف Fodder yeast عند تنميتها على مواد عضوية رخيصة لإنتاج ما يعرف بالكتلة الحيوية Biomass التي يصل نسبة البروتين فيها ٤٠-٥٠ ٪ على أساس الوزن الرطب.

وبالإضافة إلى هذه الأجناس توجد أجناس أخرى مهمة تفرز صبغة كاروتينية مثل: *Cryptococcus* و *Rhodotorula*.