الباب الثالث

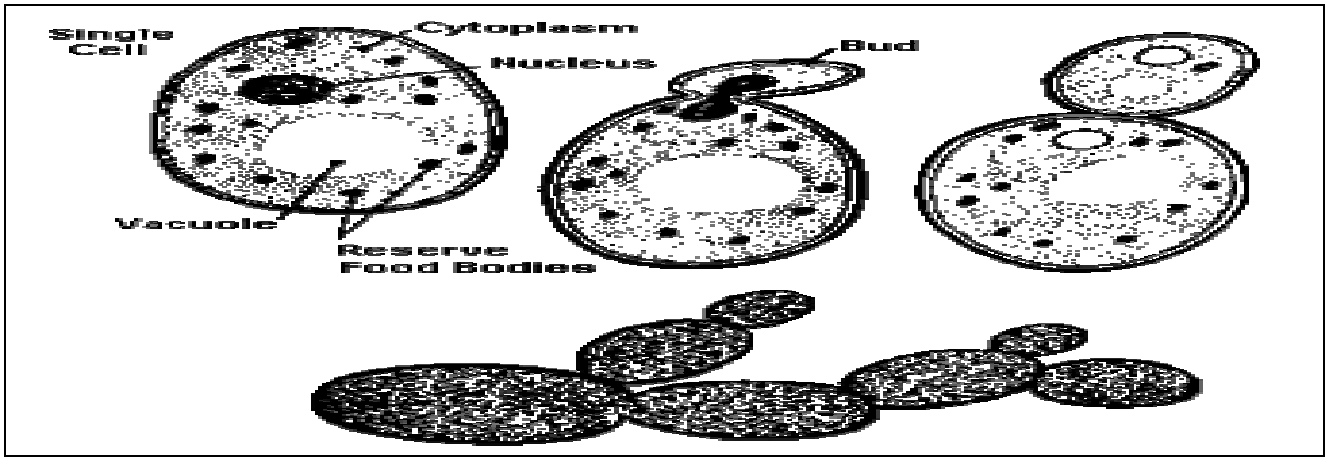
الخمائر Yeasts

الخمائر عبارة عن فطريات وحيدة الخلية لا تكون هيفات، بيضاوية أو كروية الشكل تحتوي على نواة . والخمائر قد تكون مفيدة وقد تكون ضارة في الأغذية فهي تستخدم في صناعة الخبز والبيرة والنبيذ والخل وإنتاج بعض أنواع الجبن والفيتامينات والدهون وفي إنتاج البروتين من مخلفات الصناعات الغذائية ومن منتجات النفط. وتكون الخمائر ضارة عندما تنمو وتسبب فسادا لعصائر الفاكهة، والعسل والمربيات والجلي والمخللات والمشروبات الكحولية واللحوم والألبان ومنتجاتها .

الصفات المورفولوجية

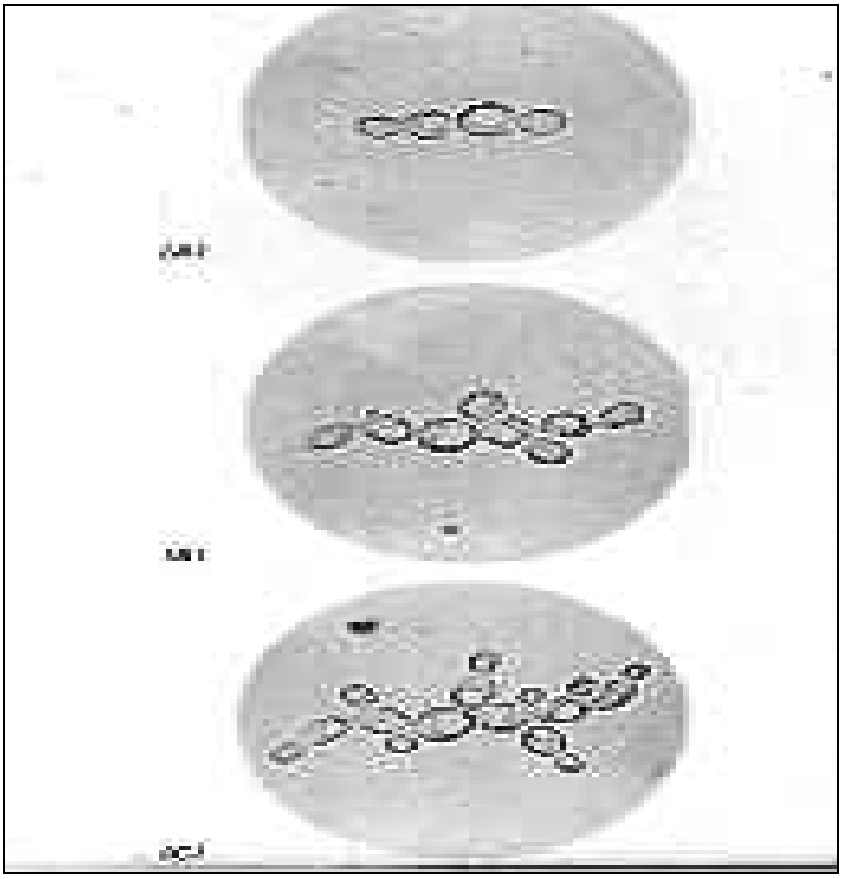
شكل الخميرة قد يكون مستديراً- بيضاوياً- ليمونياً- كمثرياً أو أسطوانياً. وقد تستطيل إلى ميسليوم كاذب أو حقيقي يختلف أيضا في الحجم. الأجزاء الظاهرة في الخميرة هي:جهاز الخلية – السيتوبلازم- الفراغات المائية- حبيبات الدهن- وحبيبات أخرى قد تكون ملونة(ميتاكوندريا) البومينية أو نشوية. وأهم ما يميز الخمائر هو طريقة التكاثر وتبعاً لهذه الصفة قسمت الخمائر إلى مجموعتين كما سيأتي الكلام عنها.

1- معظم الخمائر تتكاثر لا جنسيا بواسطة التبرعم المحوري أومن أي نقطة على السطح multilateral وفيها يبرز البروتوبلازم من جدار الخلية وينمو حتى ينحسر على الخلية الأم مكونا خلية ناشئة. وطريقة التكاثر الشائعة في الخمائر هي التبرعم Budding حيث تنقسم النواة ويبقى نصفها في الخلية الأم ثم بدورها تنقسم وهكذا تتكون سلسة من البراعم على الخلية الأم(شكل8). في بعض الخمائر السطحية ينمو البرعم من بروز يشبه الأنبوبة من الخلية الأم،تنقسم المادة النووية المتضاعفة بين الخلية الأم والخلية الناشئة،بعض الخمائر تتكاثر بالانقسام الثنائي والبعض الآخر بواسطة الانقسام الثنائي والتبرعم.



شكل(8) التكاثر بالتبرعم في الخميرة

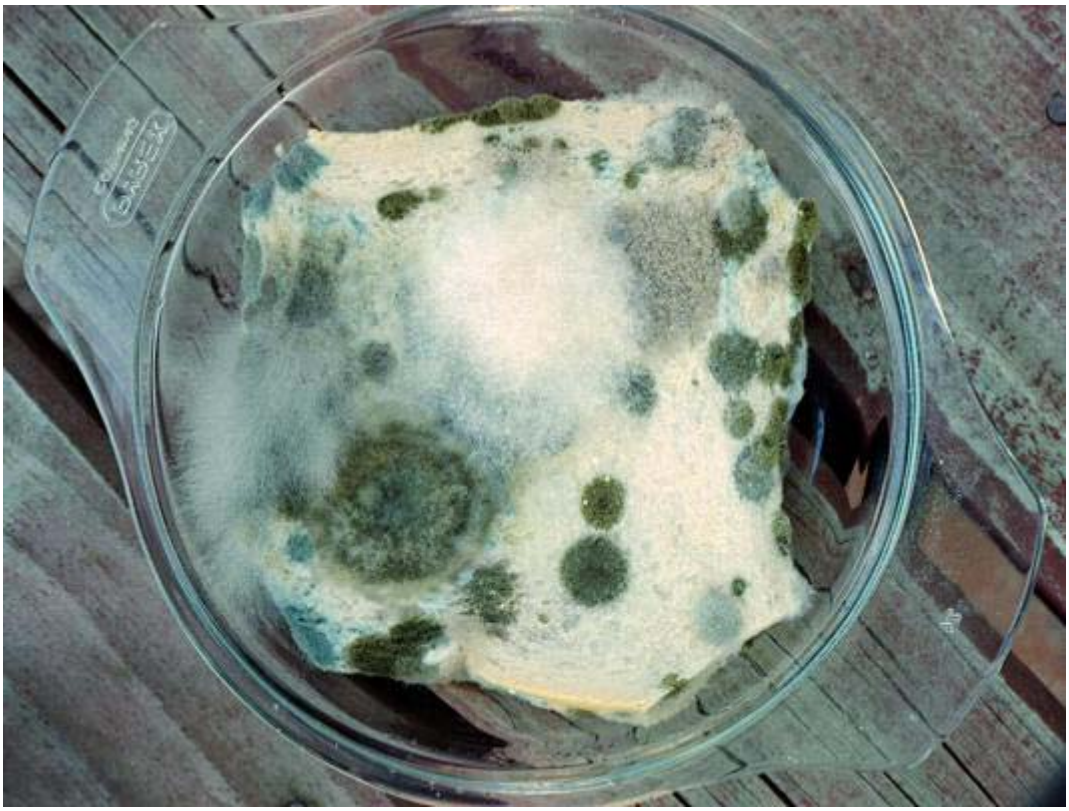
2- هناك خمائر تتكاثر بواسطة الجراثيم الجنسية(شكل9) التي يطلق عليها Ascospores ويتم ذلك بتكوين الجراثيم الزقية Ascospore وفيها تتحول خلية الخميرة إلى كيس جرثومي Ascus تكوين الجراثيم الزقية يتبع تزاوج خليتين في معظم أنواع الخمائر الحقيقية ولكن قد تتكون كنتيجة لتزاوج جرثومتين أوخليتين ناشئتين عدد الجراثيم داخل الكيس ومظهرها يعد من الصفات المميزة لنوع الخميرة. تختلف الجراثيم في اللون والشكل.



شكل(9) التكاثر بالجراثيم الجنسية في الخميرة

الصفات المزرعية

في اغلب الأحوال لا يفيد مظهر نمو مزارع الخميرة في تصنيفها والتعرف عليها ولو أن نموها كغشاء على سطح البيئة يدل على وجود خميرة غشائية أو مؤكسدة كما أن إنتاج صبغة الكاروتينويد يدل على الجنس Rhodotorula . ورغم ذلك فمظهر الخميرة يعتبر مهما عندما تسبب الخميرة بقعا ملونة على الأغذية(شكل10).من الصعوبة التفريق بين مستعمرات الخميرة والبكتريا على بيئة الأجار وللتأكد لابد من اللجوء للفحص الميكروسكوبي، معظم مستعمرات الخميرة الصغيرة تكون رطبة ولزجة لحد ما ولكن قد تكون مسحوقية اللون،وتصبح المستعمرات جافة بتقدم العمر.الخمائر المؤكسدة قد تنمو كغشاء رقيق أو ريم على سطح السائل ولذا تسمى خمائر غشائية.



شكل(10) يوضح نمو الخميرة على سطح الغذاء(رغيف خبز).

الصفات الفسيولوجية

1- الرطوبة

تحتاج الخمائر إلى كميات من الماء أكثر مما تحتاجه الفطريات ولكنها أقل مما تحتاجه البكتريا والنسبة المعتدلة التي تحتاجها الخمائر من الرطوبة تبلغ25٪ وهذا مما يسبب تلف الفاكهة.

2- الحرارة

الخمائر تنمو جيداً على درجات الحرارة المعتدلة بين25- 35ْم وقد تنمو بعض الأنواع على درجة حرارة الصفر المئوي ودرجة37ْم

3- الحموضة

تتمكن خلايا الخمائر من النمو في وسط حمضي ودرجة الحموضة المثلى هي(4pH- 4.5) ولما كانت حموضة الفواكه تتراوح بين هذه الأرقام لذلك نرى أن تلف مثل هذه الفواكه سببها الخمائر ومن الممكن لبعض أنواع الخمائر أن تنمو على درجة حموضة أيpH ما بين3- 7.5.

4- الأكسجين

بالنسبة لاحتياج الخمائر للأكسجين فيمكن تصنيفها إلى نوعين:

أ- أنواع هوائية

تنمو وتتكاثر بوجود الأكسجين ويطلق عليها اسم الخمائر الغشائية أو الخمائر السطحية وتقوم هذه الخمائر بأكسدة الأغذية العضوية مثل السكريات والكحولات والأحماض العضوية منتجة منها غاز ثاني أكسيد الكربون وتتغير المادة الغذائية من ناحية الطعم والرائحة والشكل.

ب- أنواع لا هوائية

وتنمو وتتكاثر هذه الأنواع في غياب أو عدم وجود الأكسجين ويطلق عليها خمائر القاع أو الخمائر المخمرة وهي ذات أهمية كبيرة في صناعة الخبز والإنتاج الصناعي لكحول الأيثيل حيث تقوم بتحويل السكر إلى كحول. ويمكن لخلايا الخميرة أن تعيش في تراكيز عالية من الأملاح والسكر ولكن ليس كما هو الحال في الفطريات. وأعلى تركيز من السكر يمكن لخلايا الخميرة أن تنمو عليه وتتكاثر هو ما بين50- 55٪

تتأثر الخمائر بالمواد الحافظة كما هو الحال في الفطر، حيث تضاف بنزوات الصوديوم أو حمض البنزويك بنسبة معينة إلى المواد الغذائية والسوائل التي يتطلب حفظها لمدة طويلة.

الخمائر المهمة صناعياً

أولاً: الخمائر الحقيقة: True yeasts

هي الخمائر التي تتكاثر بواسطة الجراثيم الجنسية Ascospores وبذلك تعتبر تابعة لصنف الفطريات الأسكية Ascomycetes وتضم هذه المجموعة معظم الخمائر التي لها أهمية صناعية حيث تشمل الأجناس المهمة التالية:

1- **جنس** *Endomyces*

استخدمت هذه الخمائر في الحرب العالمية الثانية لإنتاج الدهون كما تستخدم أنواع منه لإنتاج الأنزيمات المحللة للنشا Amylases وبعض أنواعه تنمو على الفواكه وتعفنها.

2- **جنس** *Saccharomyces*

يعتبر هذا الجنس من أهم الخمائر بالنسبة للصناعات الغذائية خاصة النوع *S. cerevisiae* الذي يستخدم في صناعة الخبز (خميرة الخباز Baker's yeast) وفي إنتاج أنزيم الإنفرتيز Invertase الذي يستخدم في صناعة الحلوى وفي إنتاج النبيذ والكحول والجليسرين وبعض الألبان المتخمرة. هناك أنواع تابعة لهذا الجنس تتمكن من العيش في التركيز العالي للسكر وبذلك تفسد الأغذية السكرية والفواكه المجففة والمربات وهي *S. rouxii and S. mellis*.

3- **جنس** *Zygosaccharomyces*

أفراد هذا الجنس تتحمل التراكيز العالية من السكر Osmophilic yeasts ولهذا تفسد الأغذية السكرية كالعسل والدبس والعصائر المركزة والشراب والمولاس وخاصة الأنواع *Z . mellis Z. richteri*

4- **جنس** *Hanseniaspora*

هذه الخمائر من النوع المؤكسد غير مرغوبة في صناعة النبيذ والعصائر لأنها تكون فيها نكهة غير مستحبة Off-flavour وهذه الخمائر تشبه الليمون في شكلها مع وجود نتوء في كل طرف.

5- الخمائر الغشائية *Film yeasts*

تشمل هذه المجموعة من الخمائر الأجناس *Debaromyces, Hansenula, Pichia* تنمو هذه الخمائر على سطح الأغذية الحمضية والمخللات حيث تكون أغشية على سطحها كما أنها خمائر مؤكسدة تؤكسد الحامض وتهيئ ظروفا للبكتريا التعفنية لكي تنمو وتعفن هذه الأغذية . ويعتبر جنس *Debaromyces* من الخمائر التي تنمو في تركيز عال من ملح الطعام حيث ينمو في محاليل الجبن التي يصل تركيز الملح فيها إلى 24٪ فيفسد هذه الأجبان كما أنه ينمو على اللحوم المملحة. أما جنس *Hansenula, Pichia* فتتحمل تركيزات عالية من الكحول فهي تؤكسد الكحول في المشروبات الكحولية وبذلك تقل نسبة الكحول فيها.

ثانياً: الخمائر الكاذبة False yeasts

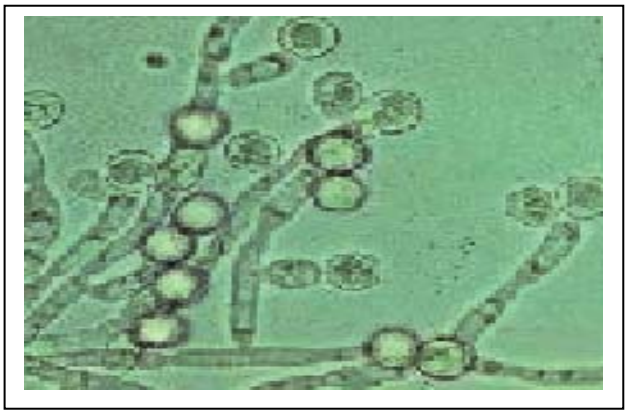
وهي الخمائر التي لا تكون جراثيم جنسية *Ascopores* وبذلك تتبع صنف الفطريات الناقصة *Deuteromycetse* أهم الأجناس التابعة إلى هذه المجموعة هي:

1- **جنس** *Mycoderma*

خمائر مؤكسدة Oxidative yeasts تنمو مكونة أغشية على المخللات والنبيذ والجبن و البيرة

2- **جنس** *Candida*

خمائر مؤكسدة تكون أغشية على الأغذية الحامضية والمخللات، بعض أنواع هذا الجنس تحلل الدهون لذلك تستخدم في إنضاج الأجبان مثل الجبن الأزرق (الريكفورت) خاصة النوع *Candida lypolytica* (شكل 11) في حين نمو هذا النوع على الزبد والدهون يؤدي إلى تزنخها كما أن النوع *C. utilis* يستخدم في إنتاج البروتين أما النوع *C. krusei* فهو يعيش في بادئات الألبان معيشة تكافلية مع بكتريا حامض اللاكتيك فيعمل على أكسدة الحامض واختزال كمية الأكسجين ويكون عوامل نمو تشجع بكتريا حامض اللاكتيك *Streptococcus thermophilus*



شكل(11) الشكل المجهري *Candida lypolytica*

2- جنس *Rhodotoruia*

يطلق على هذه الخمائر الملونةPigmented yeasts حيث تكون بقعا وردية اللون على الأغذية مثل اللحوم والخضر المخللة (الساوركروت)

4- **جنس** *Brettanomyces*

شكل هذه الخمائر مقوس وتتحمل هذه الخمائر التركيزات العالية من الأملاح والكحول ولهذا تفسد الأغذية المملحة والمشروبات الكحولية

5- **أجناس أخرى مثل** *Torula, Cryptococcus* **وجنس** *Torulopsis*

بعضها يستخدم كخمائر تغذية وبعضها تسبب مشاكل في صناعة المشروبات والألبان والمخللات مثل النوع *Torulopsis caroliniana* الذي يتواجد دائماً في الخيار المخلل حيث يكون كميات كبيرة من الغاز يجعل الخيار يطفو إلى أعلى . أما النوع *Torulopsis kefir* فيستخدم في صناعة اللبن المتخمر الروسي الكفير Kefir.