علم الفطريات Mycology

- أشتق أسم علم الفطريات من كلمة Mycology الاغريقية والمكونه من كلمة Mykes والتي تعني العرهون او عش الغراب وكلمة Logos بمعنى علم.
- في القرن العشرين ساهم الكثير من العلماء في تطوير علم الفطريات بالاضافة الى التداخل الذي حدث بين العلوم المتقاربة في القرن العشرين جعل علم الفطريات يتطور وذلك من الاستفادة **من علوم الكيمياء الحياتية والوراثة وعلم الحياة الجزيئي**. بحيث ساهم التحليل الوراثي لجزيئة الـ DNA في معرفة علاقة الفطريات مع الكائنات الاخرى وايضا معرفة علاقة الانواع الفطرية مع بعضها وساهم ايضا في تحديد التصنيف الحديث للأجناس.

Microscopic structure

معظم الفطريات تنمو على شكل هايفات Hyphae وهناك جزء اخر من الفطريات أحادية الخلية وتنمو بشكل زغبي على الوسط الزرعي مختبرياً (مشابهه للبكتريا تقريباً) تسمى الخمائر Yeast قد تكون هايفات في بعض الاحيان تسمى بالمايسليم الكاذب Pseudomycelium .

الخيط فطري يكون اسطواني الشكل يمتد لعدة سنتميترات ومتفرع في اغلب الاحيان وينمو بشكل قمي ليكون مجموعة خيوط فطرية تسمى Mycelium (Mycelia) اي شبكة مترابطة من الخيوط فطرية. الخيط الفطري Hypha قد يكون مقسم septate او غير مقسم Aseptate (Coenocytic) . الخيط المقسم يعني وجود حواجز عرضية بين الخلايا التي هي جزء من الجدار الخلوي، وبذلك تكون الخلايا مميزة وتحتوي على نواة واحدة او اكثر. والحواجز العرضية تحتوي على ثقوب تسمح بمرور السايتوبلازم والعضيات وحتى الانوية بين الخلايا. أما في الخيط غير المقسم يكون السايتوبلازم مستمر وتسبح فيه العضيات والانوية.

Macroscopic structure

المايسليم الفطري يمكن ان يشاهد بالعين المجردة عندما ينمو على الاسطح المختلفة مثل الغذاء او النباتات او على سطح التربة الرطبة او على سطح الاوساط الزرعية في المختبر وتسمى بالمستعمرة الفطرية Colony والتي تكون بأشكال والوان مختلفة . أيضا هناك قسم كبير من الفطريات التي تكون اجزاء كبيرة على سطح التربة او النباتات التي تسمى الجسم الثمري Fruit body.

صفات الفطريات العامة :

1- عديمة الكلوروفيل Achlorophyllous: الفطريات لا تستطيع صنع غذائها بنفسها مثل النبات. الفطريات هي Heterotrophs اي تعتمد في تغذيتها على كائنات اخرى في الحصول عى مصدر الكاربون. Heterotrophs يمكن ان ينقسم الى مجاميع أخرى وهي:

أ- Parasites وهي الفطريات التي تحصل على غذائها من البروتوبلازم كائن اخر اي المضيف Host

ب- Saprobes وهي الفطريات التي تحصل على مصدر الكاربون اللازم لتغذيتها من المنتجات الثانوية لكائنات أخرى أو كائنات ميته. وفي بعض الاحيان تتحول المترممات الى طفيليات وبذلك تسمى facultative parasites.

ج- التعايشية Symbiosis هذا المصطلح يشير الى عيش اثنين من الانواع مع بعض وهناك عدة علاقات قد تحدث بين الكائنات المتعايشة لكن يمكن تعريفه على اساس انه المشاركة بين كائنين مختلفين بعلاقة منفعة متبادلة مثل الاشنات Lichens والمايكورايزا Mycorrhiza.

2- حقيقة النواة Eukaryotic الخلية الفطرية تحوي على نواة متميزه محاطة بغلاف وايضا تحوي عضيات مختلفة.

3- جسم الفطر thallus يأخذ عادةً شكلين كالتالي:

أ- الخميرة Yeast

ج- المايسليوم Mycelium

ح- بعض الفطريات يمكن ان تكون بشكلين ؛ خيوط فطرية وخمائر وفي هذه الحالة تسمى الفطريات ثنائية الشكل Dimorphic (two forms) .

4- تتميز الخلية الفطرية بأنها محاطه بجدار خلوي Cell wall الذي يتكون أساسا من الكيتين Chitin وهذه صفة تميز الخلية الفطرية عن خلايا الكائنات الاخرى.

5- الفطريات لديها طريقة تغذية متميزة من خلال امتصاص Absorption المواد الغذائية عن طريق الجدران الخلوية ، وهناك قسمين في هذه الطريقة وهي:

أ- يمكن للخلية الفطرية ان تنقل المادة الغذائية مباشرة عن طريق الجدار الخلوي أذا كانت المادة ذائبة مثل مركب عضوي بسيط (سكريات أو احماض امينية).

ب- أما اذا كانت المادة الغذائية غير ذائبة مثل مركب عضوي معقد وكبير (مثل lignin or cellulose or pectin) هنا الخلية الفطرية تعمل على أفراز انزيمات مختلف خارج الخلية لهضم هذه المركبات وتحويلها الى مركبات ذائبة لتمريرها خلال جدار الخلية.

التكاثر في الفطريات Reproduction

تتكاثر الفطريات جنسياً ولاجنسياً Sexual and asexual . الفطريات الكاملة perfect fungi تتكاثر بواسطة كلا النوعين بينما imperfect fungi تتكاثر فقط لاجنسياً(Mitosis). في كلا الحالتين ؛ التكاثر الجنسي واللاجنسي تكَّون الفطريات السبورات. سبورات الفطريات تكون اصغر واخف من بذور النباتات.

التكاثر اللاجنسي Asexual reproduction

تتكاثر الفطريات لاجنسياً بواسطة ثلاث طرق وهي:

- تجزئة الهايفات fragmentation يساعد على نمو مستعمرات جديدة من خلال نمو قطع الهايفات المجزئة من المايسليم لتكون فطر جديد .
- التبرعم budding هي الطريقة الشائعة للتكاثر اللاجنسي في الخمائر ويتكون البرعم عندما تصل الخلية الى الحجم المناسب لنمو البرعم، ويخرج البرعم من اضعف منطقة في الجدار الخلوي مع زيادة الضغط الافرازي بسبب زيادة ضغط الامتلاء turgor pressure مما يسمح بأحاطة جزء من السايتوبلازم بواسطة جدار خلوي جديد ومن ثم تكون polysaccharidesمن بناء glucan and chitin جميع هذه المواد تشكل حلقة بين الخلية الام والبرعم مما يؤدي الى تشكيل bud scar بعد الانقسام الخلوي.

- الخمائر تتكاثر ايضاً بالانشطار fission من خلال تكوين حاجز خلوي cell septum الذي يقسم الخلية الى قسمين متساووين مع اجراء عملية الانقسام الخيطي Mitosis .
- تكوين السبورات spores formation في التكاثر اللاجنسي يكون من احد الابوين فقط والسبور يكون مطابق جينياً لذلك الاب.

التكاثر الجنسي Sexual reproduction

التكاثر الجنسي يكون مقدمة لحدوث تباينات جينية في المجتمع الفطري. لذلك يحدث التكاثر الجنسي أستجابة لظروف البيئة المحيطة. لأتمام التكاثر الجنسي يتوجب تواجد زوج من الفطريات التي قد تكون متشابهه في الهايفات تسمى Homothallic أو مختلفة heterothallic لكن تكون متوافقة compatible لحدوث التكاثر الجنسي .

هناك ثلاث مراحل في التكاثر الجنسي وهي:

1- الاندماج البلازمي plasmogamy وهو اندماج السايتوبلازم لخليتين haploid يؤدي الى تكوين طور dikaryotic stage تكون خلية واحدة بنواتين. haploid
2- الاندماج النووي Karyogamy أندماج النواتين لتكوين نواة واحدة. Diploid
3- الانقسام الاختزالي meiosis يحدث بوجود خلية zygote لتكوين السبورات التي تنتشر في البيئة لتنمو وتكون فطريات جديدة.

Homothallic fungi

الفطريات التي تكمل دورة حياتها دون الحاجة الى فطر اخر ، اي انه الخيوط الفطرية التي تعود لنفس الفطر القدرة على احداث عملية الاخصاب فيما بينها.

Heterothallic fungi

الفطريات التي لا تكمل دورة حياتها الا بوجود فطر اخر ليحصل التكاثر الجنسي اي ان ليس بأمكان الامشاج الذكرية ان تخصب الامشاج الانثوية لنفس العزلة الا بوجود امشاج انثوية من سلالة اخرى.

First : Myxomycota (slime moulds) الفطريات الهلامية اللزجة

الافراد التي تنتمي الى هذا القسم تسمى بالفطريات اللزجة slime molds ، كانت تصنف من ضمن الـ Protozoa الا انه وضعت مع الفطريات لكونها تكون سبورات داخل حافظة بوغية sporangium التي يمكن ان تكونها انواع من الفطريات. يكون نمو الفطريات اللزجة شكلياً مشابه للأميبا لذلك تسمى Myxamoeba والتي تتميز بأنها احادية النواة وأحادية المجموعة الكروموسومية Haploid cell لا تحاط بجدار خلوي cell wall . وتأخذ غذائها بطريقة البلعمة Phagocytosis بأستخدام الاقدام الكاذبة Pseudopodia. تتغذى الفطريات الهلامية على خلايا البكتريا والخمائر والاميبات الاخرى، وبعد دخول الغذاء يحاط بغشاء او فجوة غذائية ومن ثم يفرز انزيمات هاضمة لهضم الغذاء . على العكس من الفطريات الخيطية التي تهضم غذائها خارج الخلية .

دورة حياتها

نأخذ مثال الفطريات *Physarum polycephalum* and *Didymium iridis* لتوضيح المراحل الرئيسية في دورة حياة الفطريات في هذا الصنف .

Spore Germination, Myxamoebae and Swarm Cells

تكون السبورات كروية الشكل أحادية الخلية والمجموعة الكروموسومية Haploid السطح الخارجي للسبور قد يكون املس او مخطط او شوكي . السبور يكون محاط بجدار خلوي مكون من **السيليلوز** بالدرجة الاساس ، وهناك مرحلة أخرى في دورة حياة الفطريات الهلامية ايضا تكون محاطة بجدار خلوي وهي Microcyst. ينمو السبور ليكون Myxamoeba التي تتحرك بحركة اميبية وتأخذ غذائها بواسطة البلعمة وتتكاثر لاجنسيا بالانقسام الخيطي. وتستمر المرحلة الاميبية لفترة طويلة حسب تواجد الغذاء والظروف الملائمة، وممكن ان تتحول الى swarm cell في البيئة المائية لتكون سوطين احدهما طويل امامي والاخر قصير غير واضح. في الظروف غير الملائمة تكون Myxamoeba او swarm cell طبقة خفيفة من السيليلوز حول البروتوبلاست الخلوي لتكون Microcyst لحماية نفسه من البيئة.

Zygote and Plasmodium Formation

بعد فترة من الزمن وعندما يصل عدد swarm cells او Myxamoeba الى عدد معين تبدأ مرحلة التكاثر الجنسي وهذه الاطوار الناضجة تصبح كميتات gametes . يبدأ التكاثر الجنسي عندما تلتقي الكميتات المتوافقة لتكون الـ zygote الذي يعاني انقسامات خلوية متعددة ليكون البلازموديوم Plasmodium وهو تركيب خلوي **متعدد الانوية وليس متعدد الخلايا** يكون مشابه لطور الاميبا لكنه بحجم اكبر ويتغذى بالبلعمة ويكون ثنائي المجموعة الكروموسومية Diploid . البلازموديوم يتميز بصفات متغيرة حسب نوع الفطر مثل في *P. polycephalum* يكون اصفر براق بينما في *D. iridis* يكون عديم اللون يحاط البلازموديوم بطبقة من الجدار ويدخل سبات dormant تحت الظروف غير الملائمة للنمو، هذه المرحلة تسمى Sclerotium التي تشاهد تحت المجهر بشكل خلايا متعددة الانوية تسمى Macrocyst وبتوفر الظروف الملائمة كل Macrocyst ينمو ليكون بلازموديوم.

البلازموديوم هو عبارة عن كتلة بروتوبلازمية عارية لا تحاط بجدار خلوي لكنها تحاط بغشاء بلازمي وتحتوي على نويات عديدة وهي تشبه الأميبا . ليس له شكل او حجم ثابت، وهناك جزء سائل أقل كثافة ينساب داخل جزء أكثر كثافة جيلاتيني القوام على شكل شبكة أو قنوات تسمى العروق Veins ولذلك يقسم الى ثلاث انواع:

1- Protoplasmodia

هي تراكيب مجهرية بدائية لا تظهر فيها العروق يمكن ان تتطور لتكون حافظة سبورية واحدة single sporangium وتكون مشابهه الى البلازموديوم.

2- Aphanoplasmodium

هي تراكيب شفافة ومسطحة لديها شبكة مفتوحة رقيقة من العروق المتميزة ولكن ليست واضحة بدرجة كبيرة كما موجود في Stemonitomycetidae.معظم انواعها يمكن مشاهدتها فقط بواسطة مجهر التشريح Dissection microscope.

3- Phaneroplasmodium

البلازموديوم يكون كبيرا جداً مروحي الشكل ذو تراكيب شبكية صفراء اللون وفيها البروتوبلازم حبيبي والمناطق الجيلاتينية والسائلة من العروق يمكن تميزها بشكل واضح وهي صفة مميزة لرتبة Physarales.

Formation of Sporangia

البلازموديوم يتغذى ويهاجر لفترة من الزمن ومن ثم يتحول الى عدة حوافظ بوغية عند الوصول الى حجم معين . شكل وحجم الحافظة البوغية متغير حسب نوع الفطر. البلازموديوم يتحول بكامله الى sporangium واحد فيسمى Monocentric أو أكثر من سبورانجيم فيسمى polycentric وفي كل الحالات يسمى الفطر Holocarpic Fungi ، وهذا مختلف عن الفطريات الحقيقية حيث تسمى Eucarpic Fungi لان الجسم الفطري يتكون من جزء خضري وجزء تكاثري اي ان الجزء التكاثري فقط يتحول الى جسم ثمري.

Second: Phylum Plasmodiophoromycota

في هذه الشعبة يوجد صنف Obligate parasite تضم مجموعة من الفطريات التي لها ميزة التطفل الاجباري واحد ورتبة واحدة هما :

Class Plasmodiophoromycetes

Order Plasmodiophorales

Genus Plasmodiaphora brassicae

السبورات متحركة في هذه المجموعة ولها اسواط تكون جانبية الوقع وغير متساوية في الطول . الاميبا تتغذى على سايتوبلازم الخلية النباتية وممكن ان تحاط بجدار سميك لتكون zoospore cyst . هذا الجنس يصيب النباتات ويسبب خسائر اقتصادية .

Third : Phylum Oomycota

تضم هذه المجموعة (800-1000) نوع ، يكون بعضها ثالوس متفرع او مشابه للكيس. والجزء الكبير من انواعها تكون هايفات لذلك تكون متقاربة من حيث التطور مع الفطريات الحقيقية Eumycota

تكون الهايفات بشكل مدمج خلوي Coenocytic ويحوي على انوية ثنائية المجموعة الكروموسومية

هناك اختلافات كثيرة على مستوى العضيات داخل الخلية تميزها عن الفطريات الحقيقة .

تتكون السبورات المتحركة ذات السوطين في هذه المجموعة داخل zoosporangia التي تكون ذات شكل متطاول او كروي، هذا في حالة التكاثر اللاجنسي. أما في التكاثر الجنسي تتزاوج الاناث مع الذكور على اختلاف الاشكال والاحجام. الذكور تكون male antheridia والاناث female oogonia ، يتبعه Plasmogamy و

Karyogamyومن ثم Meiosis الذي يحدث مرات عديدة وبشكل متزامن وبمشاركة هرمونات ستيرويدية steroids hormonesالتي لها دور مهم في عملية التكاثر اللاجنسي ، ينتج من التكاثر الجنسيOospores .

التصنيف

Class Peronosporomycetes

1- Order Saprolegniales

هذه الرتبة تقسم الى عائلتين هما:

a- Family Saprolegniaceae (Achlya, Brevilegnia, Saprolegnia)

b- Family Leptolegniaceae (Aphanomyces, Leptolegnia, Plictospira)

أفراد هذه المجموعة معروفة بأسم الفطريات المائية Aquatic fungi (water fungi) لأنها تكثر في المياه العذبة والمالحة وفي أطراف البحيرات والتربة الرطبة ، تترمم على بقايا النباتات والحيونات. مثال على هذه الرتبة هو الفطر الجنس Saprolignia بعض انواعه S. parasitca, S. polymorpha تصيب الاسماك وبيوضها .

2- Order Peronosporales

أفراد هذه الرتبة مسؤولة عن كثير من أصابات الاجزاء الهوائية في النبات مسببة مرض Downy mildews تشمل هذه الرتبة عائلتين هما :

a- Family peronosporaceae (Peronospora, Plasmopora, Bremia)

b- Family Albuginaceae (Albugo)

أفراد الهذه المجموعة أجبارية التطفل لايمكن ان تنمو خارج الخلايا الحية. المايسليم يكون بشكل مدمج خلوي داخل الخلايا وتصيب عدد محدود من النباتات وتتميز هذه المجموعة بقدرة السبورانجيم على الانبات دون تحرير السبورات يعني تعمل كـ كونيديا Conidia ، ايضا فيها sporangiophore يكون بمميزات خاصة تساعد على تشخيص أفراد المجموعة . في حالة التكاثر الجنسي تتكون السبورات البيضية داخل النسيج .

3- Order Pythiales

تضم هذه الرتبة عائلتين ايضاً :

a- Family Pythaceae

b- Family Pythiagetonaceae

العائلة Pythiogetonaceae تضم مجموعة صغيرة من بجنس واحد وستة انواع تتواجد في قعر المياه العذبة مع الرواسب وتكون أختيارية لاهوائية Facultative anaerobic وأجبارية التخمر حيث تقوم بتكسير السكريات الى احماض عضوية بوجود أو عدم وجود الاوكسجين مثل . Pythiogenton zeae

عائلة Pythiaceae تضم مجموعة كبيرة من الفطريات تصل الى اكثر من 200 نوع تعود لعشرة اجناس أشهرها Pythium الذي يعتبر كائن ممرض انتهازي خصوصاً في النباتات حديثة النمو ويصيب أنواع كثيرة من النباتات مقارنة مع الـ Phytophthora .

Eumycota

First : Phylum Chytridiomycota

قسم الفطريات التي تكون سبورات متحركة zoospores ، وتسمى ايضا Chytrids. أشتق الاسم من اصل يوناني الذي يعني الوعاء الصغير little pot " لذلك تترجم الى اسم شعبة الاصيصيات" وهو وصف الى التركيب الذي يحوي على السبورات المتحركة zoospores. تتباين اصول هذه الشعبة لكنها تشترك في مكوناتها الخلوية مثل الكايتين في الجدار الخلوي ووجود السوط للحركة وتتغذى بالامتصاص وتترمم على بعض المواد السكرية المعقدة ، ويمكن ان تتطفل على كائنات اخرى مثل الطحالب وكائنات حقيقية وبدائية النواة. وهناك تزايد في عدد البحوث التي تخص دراسة هذه الشعبة منذ اكتشاف الفطر *Batrachochytrium dendrobatidis* وهو فطر لا يكون هايفات ويتكاثر لاجنسياً عن طريق تكوين سبورات zoospore ويسبب مرض chytridiomycosis في البرمائيات Amphibia.

دورة الحياة

معظم الفطريات في هذه الشعبة غير مكتشف لها التكاثر الجنسي. التكاثر اللاجنسي يحدث من خلال تكوين سبورات متحركة zoospores بالانقسام الخيطي. أما التكاثر الجنسي يحدث بطرق متعددة ، لكن النتيجة واحدة وهي تكوين سبور الـ Zygote الذي يكون بشكل سبور ساكن Resting spore. في بعض الفطريات يحدث التكاثر الجنسي من خلال اندماج الكميتات المتشابهه بالشكل والحجم ويسمى Isogamy كما في الفطر *Synchytrium endobioticum* الذي يصيب نبات البطاطا. أو يحدث التكاثر الجنسي بين كميت متحرك ذكر مع كميت غير متحرك انثى بطريقة تسمى Oogamy . وهناك طريقة اخرى يحدث فيها التكاثر الجنسي وهي اقتران اشباه الجذورRhizoids (Rhizomycelium التي تكون بشكل هايفات كاذبة غير مقسمة) من فطرين متطابقين يؤدي الى حدوث اندماج للمكونات الخلوية وبالتالي تكوين Zygote ومنه سبور ساكن.

التصنيف

هناك حوالي 750 فطر مصنف ضمن الفطريات الكتريدية، والتي صنفت الى عدة رتب منها:

1- Order Chytridiales

تعتبر من اكبر الرتب في هذه المجموعة ، يعتمد تصنيفها على التراكيب الدقيقة للسبورات مع ترتيب القواعد النايتروجينية في الحامض النووي وتحوي على قطرة واحدة من Lipid. مثل الجنس *Synchytrium* الذي يتميز بثالوس من نوع Endobiotic و Holocarpic الذي يتحول في حالة التكاثر الى مجموعة من الحوافظ السبورية. التكاثر الجنسي يحدث بواسطة Isogamous conjugation. من انواع هذا الجنس *S. endobioticum* الذي يسبب مرض الثأليل السوداء على البطاطا (Black wart disease).

1- Order Spizellomycetales

تحتوي السبورات على اكثر من قطرة من الـ Lipids وتتميز بحركة اميبية وتكون من نوع Monocentric fungi مثل الفطر *Spizellomyces* و *Olpidium*

2- Order Neocallimastigales

تضم مجموعة الفطريات التي تكثر في معدة الثدييات أكلة الاعشاب مثل الابقار والغزلان . هذه الفطريات هي اجبارية لاهوائية مثل الجنس *Caecomyces* الذي يكون سبورات بسوط واحد بينما الجنس *Neocallimastix* يكون سبورات متعددة الاسواط.

3- Order Blastocladiales

فطريات هذه المجموعة مترممة في التربة والماء ، وتكون اجبارية هوائية ، تصيب النباتات الراقية مثل الفطر *Blastocladiella* والفطر *Allomyces* الذي يعتبر اكثر تعقيداً من الفطر الاول بسبب ظاهرة تعاقب الاجيال .

4- Order Monoblepharidales

هذه الرتبة تحوي 20 نوع ابرزها الفطر *Monoblepharis*. ويحدث فيه التكاثر الجنسي من نوع Oogamy.

Second: Phylum Zygomycota

تسمى بالفطريات اللاقحية او الاقترانية، تعيش في البيئات الارضية في التربة وعلى بقايا النباتات والمواد الحيوانية. بعض منها متطفل على النباتات او الحيوانات الصغيرة ، بينما البعض الاخر يكون علاقة تعايشية مع النباتات. الهايفات من نوع Coenocytic، وتكون حواجز فقط عند تكوين الكميتات او موت الخلايا. الجدار الخلوي يتكون من الكايتين Chitin . الدراسات الجينية الحديثة تدلل على انفصال مجموعة الفطريات اللاقحية عن مجموعة الكتريديات.

هذه المجموعة من الفطريات لا تحتوي على اي طور متحرك في دورة حياتها. يحدث التكاثر اللاجنسي ليكون سبورات تسمى aplanospores لانها غير متحركة أو تسمى sporangiospores التي تتكون داخل حافظة سبورية sporangium. يحدث التكاثر الجنسي بواسطة الامشاج المتشابهه Isogamous يشار لها بالنمط التزاوجي السالب والموجب (Mating type + and -) ونتيجة عدة عمليات تحدث يتكون الـ Zygospores. يمكن ان يتكون chlamydospores الذي هو عبارة عن سبور لاجنسي يتكون بين خلايا المايسليوم او في نهاية الهايفات وينفصل عند تحطم المايسليوم. ويكون محاط بجدار سميك وبلون غامق.

تقسم مجموعة الفطريات اللاقحية الى صنفين :

1- Zygomycetes الرتب الاكثر اهمية هي Mucorales and Entomophthorales, Glomales

2- Trichomycetes

1- Order: Mucorales

تتكون أعداد كبيرة من السبورات في حافظة سبورية Sporangium التي تنمو في قمة الحوامل السبورية الهوائية Sporangiophores. اما السبورانجيم التي تحتوي سبورات قليلة تسمى sporangiola، عادة تصطف السبورات داخلها بشكل صف واحد داخل كيس اسطواني يسمى merosporangium. الفطريات في هذه المجموعة تكون Saprophyte في التربة وروث الحيوانات واي مادة عضوية في التربة. وممكن ان تكون ممرضات ضعيفة في النباتات مثل *Rhizopus stolonifer* الذي يسبب تعفن في جذور البطاطا الحلوة rot of sweet potatoes أو تعفن في الثمار مثل التفاح والطماطا والفراولة. ويمكن ان يسبب فساد في الاغذية. بعض الانواع تكون Mycoparasites مثل الفطر *Spinellus fusiger* الذي يتطفل على الفطر*Mycena spp* . أمراض اخرى ممكن ان تسببها افراد هذه المجموعة وخصوصاً بمرافقة الامراض المزمنة مثل السكر Diabetes ولوكيميا leukemia والسرطان cancer. الاصابات lesions ممكن ان تنتشر في الدماغ والرئة واعضاء اخرى من الجسم مثل *Rhizopus* and *Mucor* يمكن ان تسبب أصابات في الانسان والحيوان. أما الفطر *Absidia* فيسبب اصابات في الحيوانات فقط. وقسم من انواع هذه المجموعة استخدمت في صناعات الاغذية وانتاج الدهون غير المشبعة وغيرها. النمو يكون على شكل هايفات غير مقسمة لكن تتكون الحواجز لتقسم بعض الاماكن من الهايفات لتكون Chlamydospores. مثل الفطر *Mucor racemosus* الذي يكون السبورات الكلاميدية على الحامل السبوراجي Sporangiophore وهذه صفة جيدة لتشخيص هذا الفطر. في الوسط السائل غير الهوائي وبوجود ثاني اوكسيد الكاربون بعض انواع الـ *Mucor* تنمو بشكل خمائر Yeast-like وتتحول الى هايفات بوجود الاوكسجين مثل الفطر *Mucor rouxii*.

الفطر *Mucor*

الجنس الاكثر شهره في هذه العائلة هو الفطر Mucor الذي يحوي 50 نوع ، والتي من صفاتها تكون ثنائية الشكل كما في الفطر *M. fragilis, M. hiemalis, M. circinelloides, M. rouxii* *M. lusitanicus*. الحوافظ السبورية تكون كروية الشكل وتنمو فوق الحوامل السبورية التي قد تكون متفرعة اوغير متفرعة. انواع قليلة التي تصيب الانسان وتسبب مرض يسمى Mucormycosis اشارة الى رتبة Mucorales والتشخيص يكون على اساس المقطع النسيجي للعضو المصاب او زرع الفطر على الوسط الزرعي ومشاهدته تحت المجهر.

الفطر *Rhizopus*

ينمو الفطر في التربة وعلى الثمار والاغذية ، وهذا النوع يعتبر من الملوثات المختبرية . ومن انواعه *R. stolonifer* الذي يتميز بوجود اشباه الجذور Rhizoids في قاعة الحوامل السبورية Sporangiophore التي تكون بشكل عناقيد . بعض انواعه يمكن ان تستخدم في عمليات تخمر الاغذية مثل *R. oryzae, R. microspores*. وهناك العديد من انواعه مثل *R. arrhizus*, *R. microsporus*, *R. rhizopodiformis* ترتبط مع المرض Mucormycosis. ويمكن مشاهدة الـ Zygospore في الوسط الزرعي مختبرياً. الفطر *R. microspores* يمكن ان يسبب مرض اللفحة في شتلات الرز rice seedling blight .

الفطر *Absidia*

يكون اشباه جذور ايضاً كما في *Rhizopus* لكن الصفة المميزة هي في تركيب السبورانجيم التي تتكون على قمة الحامل السبورانجي ذو النهاية الكروية . اما الـ Zygospore فيكون محاط بزوائد طويلة Suspensor Appendages . ومن انواعه *Absidia glauca* and *A. spinosa*. الفطر (*Absidia corymbifera*) *Lichtheimia corymbifera* هو ممرض للأنسان ويسبب مرض Mucormycosis.

2- Order Entomophthorales

أشتق اسم هذه الرتبة من كلمتين اغريقية (يونانية) (Entomo) يعني حشرات والجزء (Phthor) يعني قاتل او محطم بسبب كون افراد هذه المجموعة طفيليات على الحشرات والديدان وحيوانات اخرى، وايضاً تنمو مترممة في التربة وعلى النباتات. مثل

3- Order Glomales

معظم جذور النباتات المعمرة في الغابات ترتبط بعلاقة تعايشية مع فطريات تسمى Mycorrhiza او تسمى (Fungi root). هناك عدة انواع مختلفة من المايكورايزا .

Class Trichomycetes

مجموعة الفطريات التي تنمو تعايشياً في القناة الهظمية للمفصليات مثل الحشرات insects والديدان millipedes والقشريات crustaceans التي غالبا تعيش في البيئات المائية. هناك بعض الاشارات العلمية التي تقول بأن المضيف يتأثر بتواجد هذه الفطريات. وصف تقريباً 200 نوع تعود الى 50 جنس في هذا الصنف.

Third: Phylum Ascomycota (Ascomycetes)

وهي المجموعة الاكبر من الفطريات التي تقدر بـ 32000 نوع في 3400 جنس ، ولازال هناك انواع اخرى غير مكتشفة على وجه التقدير. أشتق اسم Ascomycetes من كلمة Askos اليونانية التي تعني كيس وكلمة Mykes التي تعني فطر، لذلك تسمى بالفطريات الكيسية sac fungi. الميزة الاساسية في هذه المجموعة هي تكوين سبورات كيسية ascospores في داخل كيس Ascus في حالة التكاثر الجنسي. في معظم الانواع تتكون ثمان سبورات كيسية داخل الكيس الواحد، التي تتحرر بطريقة squirt mechanism. كل انماط الحياة يمكن ان نشاهدها في افراد هذه المجموعة بحيث يمكن ان تكون saprotrophs مترممة او Nectrotrophs الفطر الذي يقتل المضيف ويتغذى على المادة الميته أو Biotrophic parasites الفطر الذي يحتاج المضيف حي لكي يعيش، في النباتات والحيوانات ومن ضمنها الانسان. الاشنات عادةً تتكون من اثنين من الاحياء احدهما فطر كيسي. تتواجد الفطريات الكيسية في التربة والاجزاء الهوائية من النباتات والمياة العذبة والمالحة. تشخص افراد هذه المجموعة على اساس الاجسام الثمرية fruiting bodies او تسمى ascocarps اي التركيب الذي يحيط بالاكياس Asci.

التراكيب الخضرية Vegetative structures

يكون جسم الفطر بشكل خمائر احادية الخلية تتكاثر بواسطة التبرعم والانشطار او بشكل مايسليم متعدد الخلايا والهايفات مقسمة. بعضها يمكن ان تكون ثنائية الشكل Dimorphic fungi.

الحواجز بين الخلايا في الفطريات الكيسية تكون غير مكتملة ، بحيث يمكن مشاهدة فتحة في منتصف الحاجز ، ولذلك تهاجر بعض العضيات مثل المايتوكوندريا والنواة من خلية الى اخرى، وبالحقيقة السايتوبلازم يكون مستمر بين الخلايا كما في المدمج الخلوي.

دورة الحياة الجنسية تتضمن حدوث الاندماج النووي والانقسام الاختزالي في الافراد التي لها اكياس. السبورات الكيسية على الاغلب تحتوي نواة واحدة او اكثر تكون احادية المجموعة الكروموسومية ، لذلك على الاغلب يكون المايسليم احادي المجموعة الكروموسومية. المايسليم يكون قادر على التكاثر اللاجنسي بواسطة تجزئة الخيوط الفطرية او التبرعم او تكوين الكونيديا ، Chlamydospores (السبور الكلاميدي هو سبور ساكن محاط بجدار سميك لمقاومة الظروف الغير الطبيعية)، sclerotia (الجسم الحجري هو مجموعة من الخيوط الفطرية المتجمعة مع بعضها لمقاومة الظروف البيئية الغير طبيعية). طريقة التزاوج بين الفطريات الكيسية ممكن ان تكون Homothallic يعني المايسليم ينمو من سبور كيسي واحد بالطريقة الجنسية أو Heterothallic يشترك اثنين من السبورات الكيسية مختلفين لاتمام التزاوج الجنسي.

دورة الحياة اللاجنسية معظم الفطريات التي وضعت في مجموعة الفطريات الناقصة Deutromycotina or imperfect fungi هي من مجموعة الفطريات الكيسية التي لم يكتشف لها طور جنسي، بحيث بعد اكتشاف الطور الجنسي لاي فطر يسمى بأسم جديد وينقل الى المجموعة القريبة منه وراثياً في الفطريات الكيسية او بعض الاحيان في المجموعة الفطريات البازيدية. على سبيل المثال الفطر

Aspergillus(anamorph) يسمى في الطور الجنسي (teleomorph) *Emericella*.

Fusarium (anamorph) يسمى (teleomorph) *Gibberella*.

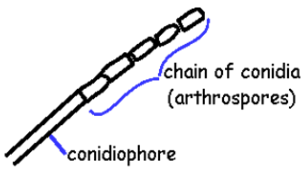
الكونيديا في الفطريات الكيسية

تتميز الـ Conidia (conidium) باشكال وتراكيب متنوعة في انواع الفطريات الكيسية، تتكون بطريقة تسمى conidiogenesis، والخلية المسؤول عن ذلك تسمى conidiogenous cell التي تكون موجودة على ساق يسمى conidiophore، قد تتجمع الحوامل الكونيدية لتكون conidioma التي تتميز بأنواع مختلفه منها :

Types of Conidiophore Formation

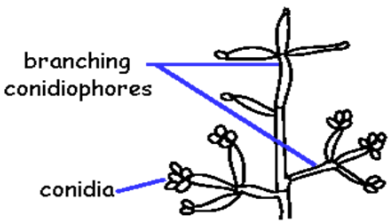
Simple, unbranched conidiophores

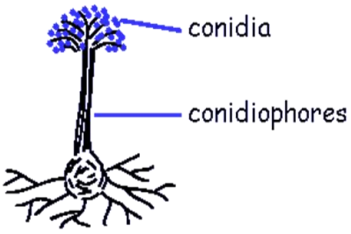
بعض الفطريات يكون الحامل الكونيدي بسيط وغير متفرع مثل *Geotrichum candidum*



Branched conidiophores

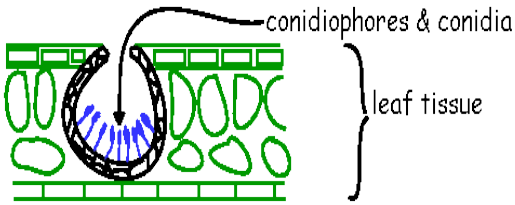
مثل الفطر Trichoderma viride الذي يتميز بحامل كونيدي متفرع وتوجد الكونيديات بشكل مجاميع في قمم الحوامل الكونيدية.





Coremium or synnemata

تجمع عدد من الحوامل مع بعضها التي تتفرع في القمة وفي نهاية الافرع تحمل الكونيديات مثل*Penicillium claviforme* .

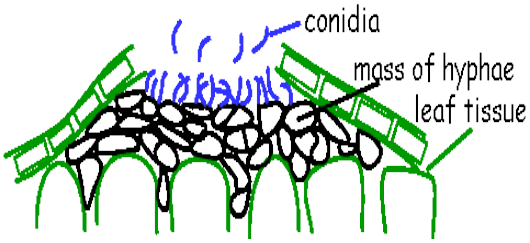


Pycnidium

تركيب مشابه للدورق flask-shaped structure يتكون داخل نسيج النبات المضيف كما في الفطر *Phoma* .

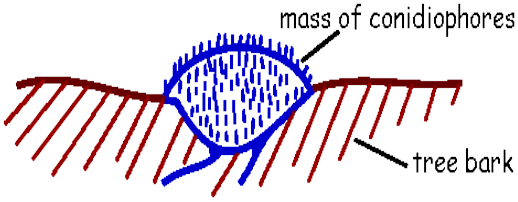
Acervulus

تتكون الحوامل الكونيدية من طبقة تحتية من الهايفات بحيث تكون الحوامل مسطحة وبشكل وسادة مفتوحة كما في الفطر *Colletotrichum*.



Sporodochium

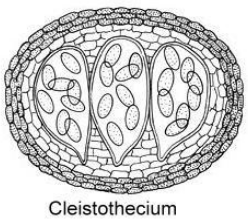
كتلة على شكل وسادة cushion-shaped mass من الحوامل الكونيدية القصيرة كما في الفطر *Epicoccum* species .



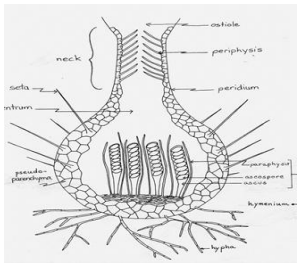
الاجسام الثمرية في الفطريات الكيسية

الجسم الثمري fruit body (ascosarp) تركيب يتكون من تجمع الكثير من الهايفات ويحتوي بداخله على الملايين من الاكياس السبورية . Asci ومن انواع الاجسام الثمري الشائعة هي :

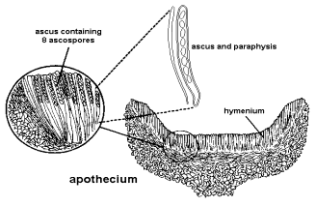
1- Gymnothecium شبكة من الخيوط الفطرية المفتوحة والتي يمكن رؤية من خلالها الاكياس السبورية


Cleistothecium

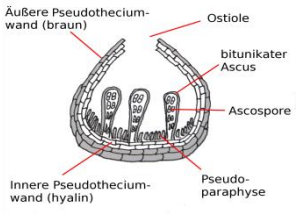
2- Cleistothecium تركيب كروي الشكل مغلق يحوي بداخله على اكياس سبورية كروية الشكل.



3- Perithecium تركيب شبيه بالدورق flask-shaped structure يحوي فتحه تسمى ostioleالتي تخرج منها السبورات الكيسية .



4- Apothecium تركيب شبيه بالكوب cup-shaped fruit body تترتب فيه الاكياس السبورية على طبقة داخلية تسمى hymenium



5- Pseudothecium مشابه لـ Apothecium لكن تكون الاكياس فيه عير منتظمة وتنطلق من فتحة صغيرة.

تقسم الفطريات الكيسية الى ثلاث تحت شعب وهي :

1- Subphylum Pezizomycotina

Class: Pezizomycetes

Order: Pezizales

تضم هذه الرتبة الفطريات التي يمكن رؤيتها بالعين المجردة على شكل Cup fungi يسمى Apothecium والذي يحوي على اكياس اسكوانية الشكل تحاط بغطاء قد يكون مفتوح او غير مفتوح عند رؤيته تحت المجهر يسمى operculate والكيس يسمى ascus operculate والرتبة تسمى Operculate discomycetes وهي رتبة كبيرة بحيث تقسم الى 15 عائلة. معظمها فطريات تعيش في التربة ومترممه على الاجزاء الخشبية المتعفنة وروث الحيوانات. افراد هذه الرتبة تنتج fruit bodies على الاجزاء النباتية القريبة من سطح الارض والتي تطرح الاكياس السبورية مع الرياح لنشر السبورات الكيسية. وهناك بعض الاجناس التي تعيش في البيئة المائية تسمى aquatic Pezizales .

الاكياس داخل الـ apothecium يتخللها زوائد خيطية وفي قمة الجسم الثمري هناك مادة carotenoids التي تعطي الوان مخططه للجسم الثمري مثل الاصفر والبرتقالي والاحمر. السبورات Ascospores تكون عادة عديمة اللون او قد تأخذ اللون البني المحمر، وبشكل كروي وأحادية الخلية ، وتحتوي على واحدة او أكثر من القطرات الدهنية وجدران ملساء او خشنة. يمكن ان تطرح السبورات على شكل غيمة يمكن رؤيتها بعملية تسمى Puffing.

الاجسام الثمرية لقسم من افراد هذه الرتبة يمكن ان تستخدم في الاكل وتكون غالية الثمن مثل

truffles (Tuber spp.) and morels (Morchella spp)

وهناك انواع تكون سامة fatal mushroom poisonings عند اكلها تتحول الى مواد مسرطنة وسامة .

نتائج التحليل الجيني لأفراد هذه الرتبة اكدت انها رتبة تكون بمثابة الجد Ancestor الى عدد من رتب الفطريات الحقيقية. وهذا يؤكد ان الجسم الثمري apothecium هو نوع قديم وحدثت عليه تغيرات وراثية. وهذه الرتبة هي من نوع .Monophyletic

1- Family Pyronemataceae

- Genus *Pyronema*

هناك نوعين في هذا الجنس هما *P. omphalodes* و .*P. confluens* النوع *omphalodes* الجسم الثمري غير محاط بـ Hairsبينما في النوع الثاني *confluens* تكون هناك زوائد بشكل الشعر على الجسم الثمري .

- Genus *Aleuria*

ينمو هذا الجنس على ترب الغابات، فيه النوع *A. aurantia* فيه الجسم الثمري برتقالي اللون وبشكل Cup وبأحجام من 1-10 سم وهو من فطريات المايكورايزا .Mycorrihza السبورات الكيسية تحتوي قطرتين دهنية ومزخرف بطبقة مشطية التي تمثل طبقة ثانوية .

2- Family pezizaceae

Genus peziza

يحوي هذا الجنس على انواع كثيرة متعددة الاصول الوراثية . الـ apothecium باحجام من 2-5 سم وبلون بني شاحب وبشكل fleshy.ويمكن عزله من التربة وروث الحيوانات والخشب المتعفن. الاكياس السبورية يمكن ان تصبغ باستخدام صبغات معينة. الطور اللاجنسي له هو الفطر .Oedocephalum

3- Family Tuberaceae

Genus *Tuber*

هناك 100 نوع في هذا الجنس تسمى true truffles وهي الفطريات الكيسية التي تنتج اجسام ثمرية تحت سطح الارض وفيها طبقة الـ Hymenium غير مفتوحة الى الخارج. ولكون الـ apothecia فيها مميزات تمكنها من النمو تحت سطح الارض لذلك سميت stereothecium الذي يكون كروية الشكل وبحجم من 2-8 سم وقد يصل وزنه الى واحد كيلوغرام .

4- Family Morchellaceae

Genus *Morchella*

وهو من الفطريات القابلة للأكل وتسمى true morels والتي تكون غالية جداً. وايضاً افرادها لها قابلية الارتباط مع النباتات الاخرى تعايشياً .Mycorrhiza ويمكن زراعته عن طريق تنمية الخيوط الفطرية على حبوب القمح المعقمة .

Class Loculoascomycetes

اسم هذا الصنف مرتبط بـ ascolocular وهو التجويف الكيسي ، ويسمي هذا الصنف ايضاً Dothideomycetidae. صنف كبير جداً يضم اكثر من 900 جنس و7000 نوع . معظم افراده تعيش في البيئات الارضية بشكل رمي على الخشب المتعفن من النباتات وقد تسبب امراض نباتية مسببة خسائر كبيرة. البعض منها قد ينمو في البيئات المائية العذبة والمالحة. من الصفات المميزة لهذه المجموعة ، انها تكون اكياس سبورية ثنائية الجدار bitunicate اللذان يكونان منفصلان. الجسم الثمري مع الاكياس يكون بشكل Ascostromata، الذي يحوي تجاويف locules وفي كل تجويف يوجد كيس سبوري . Ascostromata تتكون من تجمع الهايفات وليس من التزاوج الجنسي وذلك لانها تتكون قبل اندماج الانوية وبداية التزاوج الجنسي.

الجسم الثمري يكون متعدد الاشكال بالدرجة الاساس هو Pseudothecium ولكن قد يكون apothecium or cleistothecium . التحليل الجيني يؤكد تقارب هذه المجموعة مع Pyrenomycetes (perithecioid fungi).

1- Order Pleosporales

تضم العديد من الفطريات التي تسبب امراض للنبات مثل *Cochliobolus*, *Phaeosphaeria* and *Pyrenosphora* التي تتطفل على نباتات الحشائش والحبوب. *Pleospora*, *lewia* and *Leptoshaeria* التي تكون شائعة بشكل endophyte ورمية ومتطفلة على نبات اخرى. هذه الفطريات ايضاً تعتبر ممرضات للانسان من خلال تكوين السموم الفطرية.

Leptosphaeria

من صفات هذا الفطر هي لون السبورات الكيسيةyellow or pale brown Ascospores , مع وجود اثنين او اكثر من الحواجز العرضية transverse septa مثل الفطر *Leptosphaeria acuta* في هذا النوع الجسم الثمري Pseudothecia يكون conical ومسطح النهاية من القاعدة . الاكياس السبورية ثنائية الطبقة مع وجود pseudoparaphyses المتفرعة. فتحة الـ Ostiole تتكون بعد تحطم طبقة الخلايا الرقيقة. السبور الكيسي يحتوي على 11 حاجز عرضي. . في المراحل اللاجنسية توجد Pycnidial layers التي يرتفع منها خلايا عصوية الشكل وهي الكونيديات ويسمى الفطر لاجنسياً بـ *Phoma acuta* .

Pleospora infectoria

يكون نمو الفطر بلون اسود لماع ويكون Pseudothecia على النباتات المضيفة وفيها سبورات كيسية بلون بني ذهبي ويحوي على خمس حواجز عرضية ، الخلية المركزية في السبور الكيسي على الاغلب تحتوي على واحد او اثنين من الحواجز الطولية. الطور اللاجنسي لهذا الفطر يسمى *Alternaria infectoria* . فطر Alternaria يحوي على انواع كثيرة وقسم منها غير مرتبط بطور جنسي .

Cochliobolus

الجسم الثمري Pseudothecium طويل العنق والسبورات مقسمة بحواجز عرضية. الاطوار اللاجنسية لهذا الفطر هي *Helminthosporium* and *curvularia*

2- Order Dothideales

وهي مجموعة كبيرة من الفطريات الكيسية وفيها مجموعة كبيرة من الفطريات اللاجنسية Anamorphs من المجموعتين Hyphomycetous and pycnidial . نأخذ مثال وهو الفطر *Cladosporium* وهو فطر لاجنسي يحتوي على انواع كثيرة مثل *C. herbarum* الذي يكون مستعمرات زيتونية الى سوداء اللون، الحوامل الكونيدية قد تكون متفرعة او غير متفرعة. الخلية المولدة للكونيديا Conidiogensis تكون من نوع Holoblastic .

Aureobasidium and black yeasts

مثل *Aureobasidium pullulans* هو احد الفطريات التي توضع ضمن مجموعة واحدة وهي الخمائر ذات اللون الاسود. وتستخدم هذه الخميرة في السيطرة البايولوجية للقضاء على كثير من الممرضات الفطرية . انواع اخرى من الخمائر ذات اللون الاسود مثل *Exophiala*, *Cladophialophora* and *Ramichloridium* تعتبر من الممرضات الانتهازية التي قد تصيب الانسان وقسم منها قد تكون قاتلة .

Class Plectomycetes

يحتوي هذا الصنف على جميع الفطريات التي تكون اكياس سبورية داخل جسم ثمري مغلق الذي يسمى cleistothecium. المقارنة الجينية اثبتت بأن صفة تكوين الجسم الثمري cleistothecium صفة جيدة لتميز افراد هذا الصنف الفطريات الاخرى. معظم الفطريات التي تكون cleistothecium مع الفطريات التي تتكاثر فقط لاجنسياً anamorphs تكون من مجموعة Monophyletic. على اية حال، يمكن التعرف على صنف Plectomycetes من خلال الصفات التالية:

1- الجسم الثمري يكون من نوع cleistothecium or gymnothecium

تمتاز Cleistothecium بجدار بارانكيمي كاذب سميك pseudoparenchymatous wall بينما الجدار في gymnothecium يتكون من الهايفات الفطرية التي تكون بشكل قفص.

2- الهايفات المولدة للأكياس Ascogenous hyphae غير بارزة.
3- تكون الاكياس منتشرة في داخل العلبة المغلقة ولا تنتج من الطبقة الخصبة (hymenium).
4- الاكياس السبورية تكون كروية الشكل وجدارها رقيق، وتتحرر منها السبورات الكيسية بعد تفسخ الجدار بشكل طبيعي بدون عامل خارجي قوي.
5- السبورات الكيسية صغيرة، احادية الخلية، كروية او بيضوية الشكل.
6- الكونيديا Conidia تتكون بشكل شائع على الفياليد Phialides كما في رتبة Eurotiales او تكون كونيديا مفصلية arthroconidia التي تتكون على شكل سلسلة متبادلة مع خلايا اعتيادية، والتي تتحرر بعد ان تنفك من الخلايا المجاورة لتكون كونيديا صغيرة microconidia كما في افراد رتبة Onygenales وAscosphaerales . وتكون ايضا سبورات كلاميدية Chlamydospores .

7- التغذية في هذه المجموعة رمية Saprotrophs ترتبط مع التربة. الكثير من افرادها لها القدرة الترمم على المركبات المعقدة مثل النشا والسيليوز، والاخرى تترمم على البروتينات والكيراتين. الفطريات التي تتغذى على البروتين تنمو بدرجة حرارة 37 م وتكون ممرضة للبائن وبالتديد الانسان.
8- بعض انواعها تنتج مضادات حياتية وسموم فطرية.

1- Family Onygenaceae

تحتوي هذه العائلة على 22 جنس و57 نوع معظمها ممرضة للأنسان. الفطر الاكثر اهمية هو الجنس Ajellomyces وهو الطور الجنسي للفطر *Histoplasma capsulatum* ، بالاضافة الى الفطريات

Blastomyces dermatitidis, *Paracoccidioides brasiliensis* and *Coccidioides immitis*

صفات الفطريات الاربعة:

1- فطريات مترممة تكثر في التربة
2- ثنائية الشكل
3- تبدأ بالاصابة الرئوية ومن ثم تنتشر في الاجهزة الداخلية للجسم خصوصا في المرضى الذين يعانون نقص مناعة
4- يمكن ان تدخل الخلايا البلعمية دون ان تتأثر
5- العلاج الكيميائي لا يمكن ان يؤثر فيها
6- المرض منتشر بين الرجال اكثر من النساء

2- Family Arthrodermataceae

تحتوي هذه العائلة على جنسين فقط ***Ctenomyces serratus*** وهو الطور الجنسي للفطر *Chrysosporium* الذي يكون كونيديا صغيرة بخلية واحدة في نهاية الخيط الفطري. والجنس ***Arthroderma*** لكنه معروف اكثر بالاسماء *Epidermophyton*, *Microsporum* and *Trichophyton* التي تتميز بتكوين كونيديا كبيرة اسطوانية الشكل ومتعددة الخلايا. تكون الفطريات من محللات الكيراتين keratinolytic. الفطريات جميعها تسمى بالفطريات الجلدية Dermatophytes.

2- Subphylum Saccharomycotina

Class Hemiascomycetes

ينتمي الى هذا الصنف رتبة واحدة وهي Order Saccharomycetales، التي تضم 11 عائلة و 276 نوع ، وبما ان هناك اختلافات جينية بين هذه العوائل مما يجعلها قابلة للتغيير في المستقبل، لذلك سوف نركز على الاجناس من هذا الصنف. تضم هذه الرتبة عدة اجناس من الخمائر التي قد نشاهد لها Pseudomycelium في بعض الاحيان. لكن يكون التشخيص صعب او غير ممكن تحت المجهر في حالة غياب الاجسام الثمرية والاكياس السبورية ، الا بالاعتماد على الاختبارات الفسلجية مثل النمو على مصادر النايتروجين والكاربون. حالياً الكثير من المختبرات تعتمد على تحليل تتابع الدنا بشكل روتيني في تشخيص الخمائر، الذي

يقارن بعدها مع قاعدة بيانات من تتابع الدنا للحصول على الاقل اسم جنس الفطر، وبالتالي يمكن التفريق بين انواع الخمائر المختلفة.

يرتبط وجود الخمائر مع وجود السكريات، حيث يمكن عزلها من اجزاء النبات المختلفة السطحية والتربة والمياه العذبة ومياه البحار. بعض انواع الخمائر ارتبطت مع الحشرات والحيوانات مثل معدة الفقريات، ايضاً يمكن ان تعزل من سطح الجلد. من اشهر انواع الخمائر*Candida albicans* التي تصيب الانسان وتسبب امراض معقدة بالخصوص تحت ظروف معينة مثل نقص المناعة وبعض الامراض المزمن، قليل منها يمكن ان يكون ممرض للنبات مثل الفطر *Eremothecium* spp الذي يسبب التبقع في ثمار الحمضيات والقطن وانواع اخرى.

أهمية خمائر هذا الصنف :

1- Alcohol fermentation بأستخدام خميرة *Saccharomyces cerevisiae*.
2- Bread-making بأستخدام خميرة *S. cerevisiae*.
3- Single-cell protein (SCP) استخدام الخمائر في تحويل المادة الاساس الى بروتينات لكونها لا تفرز سموم في البيئة التي تعيش فيها.
4- أنتاج الفيتامينات من بعض الخمائر.
5- أنتاج البروتينات المتحدة recombinant proteins من مصادر مختلفة مثل انتاج الانسولين.
6- تستخدم في السيطرة البايولجية لحماية بعض الثمار من التلف بواسطة رش الثمار بمحلول الخمائر التي تمنع نمو الاعفان التي تسبب تلف.

Saccharomyces cerevisiae

أهم فطر معروف لحد الان ، يحوي على 25 سلالة التي تختلف بالصفات الفسلجية. حجم خلاياها صغير نسبياً. الخلية الناضجة تحتوي على العضيات ولاجزاء الموجودة في الشكل ادناه.

دورة الحياة تكون الخميرة في الطبيعة بشكل ثنائي أو رباعي المجموعة الكروموسومية أو أكثر. السلالات يمكن ان تكون Homothallic or Heterothallic . السبورات الكيسية احادية المجموعة الكروموسومية تندمج مع بعضها داخل الكيس السبوري أو بعد تحررها من الكيس بوقت قصير.

Candida

هو الطور اللاجنسي Anamorphic للخمائر التي تعود الى رتبة Saccharomycetales تتألف من 165 نوع. الخميرة من نوع Polyphyletic. النوع المشهور هو *C. albicans* ، الذي يسبب اصابات في الانسان. النوع الاقرب الى *C. albicans* هو النوع *C. dubliniensis*، هناك انواع اخرى مثل *C. glabrata and C. krusei* التي قد تسبب اصابات في الانسان. ايضاً هناك انواع تستخدم في الصناعات مثل *C. utilis* الذي يستخدم في اعطاء نكهة معينة لأغذية الحيوانات الاليفة. تنتشر *C. albicans*في كل البيئات وتعتبر ملوث في بعض الاحيان. تتواجد في جسم الانسان بشكل طبيعي وتنتهز الفرصة لأحداث الاصابة. تحاط بجدار سميك وتكون Chlamydospores وتكون بشكل خلايا مفردة او تكون مايسليم كاذب

Pseudomycelium. تحدث الاصابة بهذه الخميرة على الاغلب بعد تناول المضادة الحياتية للقضاء على بكتريا معينة. وتحدث الاصابه بشكل سطحي في الاغشية المخاطية مثل الـ Thrush عند الاطفال وغيرها من اصابات الجلد أو اصابة جهازية مثل اصابات الجهاز البولي ، في حالة الاصابة الجهازية قد تنتشر الخميرة في الدم بشكل خلايا مفردة او حتى بشكل هايفات كاذبة مسببة مرض Candidiasis.

3- Subphylum Taphrinomycotina

Class Archiascomycetes

1- Order Taphrinales

تكون الفطريات في هذه الرتبة متطفلة على النباتات الزهرية. هناك ست اجناس في هذه المجموعة، المشهور منها الفطر *Taphrina* و يضم 95 نوع والفطر *Protomyces* ويضم 10 انواع. يمكن عزل كلا الفطرين من المضيف كجسم ثمري الذي يزرع على الوسط الزرعي ليتكاثر بالتبرعم وينمو بشكل خميرة أحادية المجموعة الكروموسومية Haploid . بينما يكون نموه في نسيج المضيف بشكل مايسليم مقسم ويكون Diploid في الفطر *Protomyces* وتنائي النواة Dikaryotics في الفطر *Taphrina*، تكون الهايفات ثنائية النواة نادرة الحدوث في الفطريات الكيسية لكن يمكن مشاهدتها كثيرا في الفطريات البازيدية.

الفطر *Taphrina deformans*

ويسبب مرض تجعد اوراق الخوخ Peach leaf curl وايضا في اللوز Almond وخصوصا بعد فصل الربيع الذي يكون بارد ورطب، يتطور بعدها المرض الى تكوين بثور Blisters.

2- Order Schizosaccharomycetales

ينتمي الى هذه المجموعة جنس واحد وفيه ثلاث انواع وهي

Schizosaccharomyces japonicus, S. octosporus and S. pombe

تنمو بشكل مترمم وتتكاثر لاجنسياً من خلال الانشطار Fission وتكوين اثنين من الخلايا الخميرة. أحياناً يمكن رؤية الهايفا المقسمة خصوصا في *S. japonicas* والذي يمكن ان يتجزأ ليكون Arthrospores. يحدث التكاثر الجنسي عند اندماج اثنين من خلايا الخميرة يتبعها اندماج نووي وانقسام اختزالي لتكوين أربع او ثمانية من السبورات الكيسية Ascospores. تتميز هذه الخميرة بمقاومة الايثانول الى تركيز 7%. ويمكن تنميتها على الاوساط الزرعية السائلة والصلبة.

Pneumocystis

هو اسم لمجموعة من الكائنات التي تكون خلايا مشابه للكيس cyst-like cells في رئة المضيف من اللبائن mammals مسببة Pneumonia خصوصاً في الاشخاص الذين يعانون من نقص مناعي immunocompromised. تم وضع هذه الكائنات ضمن الفطريات مؤخراً بالاعتماد على التقارب الوراثي. الاسم الاصلي هو *P. carinii*، لكن الاصابات في الانسان يذكر فيها الاسم *P. jirovecii*. لايمكن عزل هذا الفطر على الاوساط الزرعية لذلك القليل معروف عن دورة حياة الفطر. المعروف عن

هذا الفطر ان خلاياه تلتصق في مناطة الحويصلات alveolar regions في انسجة الرئة. الاصابة تسبب الموت خصوصاً اذا ارتبطت مع مرضى الايدز.

Fouth: Phylum Basidiomycota

الانواع الشائعة هي

Mushrooms, Toadstools, bracket fungi, puffballs, earth balls, earth star, stinkhorns, false truffles, jelly fungi

وهناك انواع اخرى غير معروفة . بالاضافة الى فطريات الاصداء والتفحمات التي تسبب امراض في النباتات الراقية وقد تسبب اصابات في المحاصيل بشكل خاص. العديد من الفطريات البازيدية تنمو على سطح الارض وتنشر سبوراتها بواسطة الرياح والبعض منها يكون مترمم او يعيش في البيائات المائية العذبة والمالحة. ايضا هناك فطريات تصيب الاشجار مثل Honey fungus (*Armillaria*) و *Heterobasidion annosum* . المشروم الشائع مثل Amanita and Boletus تكون علاقة تعايشية مع جذور بعض النباتات مكونه فطريات Mycorrhiza . أنواع فطر *Rhizoctonia* تكون ممرضة للعديد من النباتات لكن يمكن ان تكون علاقة تعايشية مع orchids.

الجسم الثمري يسمى Basidiocarp للعديد من انواع المشروم يكون قابل للأكل والتي تنمى تجارياً مثل الفطر *Agarcus bisporus* الذي يكون عليه بقع بيضاء، بالمقابل هناك انواع معروفة بأنها سامة عند الاكل مثل *Amanita phalliodes* (death cap). الخيوط الفطرية في الفطريات البازيدية تكون طويلة جداً وبأعمار طويلة ايضاً مثل الفطر Armillaria الذي وجد في غابات كندا يصل عمر الخيوط الفطرية الى 1500 سنة ممتد على مساحة 15 هكتار وبكتلة حية تصل الى عشر طن مما يجعله واحد من اكبر الكائنات على سطح الكرة الارضية. هناك بعض الانواع البازيدية التي تنمو بشكل خمائر او تنمو بشكل ثنائي الشكل Dimorphic fungi مثل الفطر *Cryptococcus neoformans filobasidiella* الذي يسبب المرض المميت الـ Cryptococcosis الذي يصيب الدماغ.

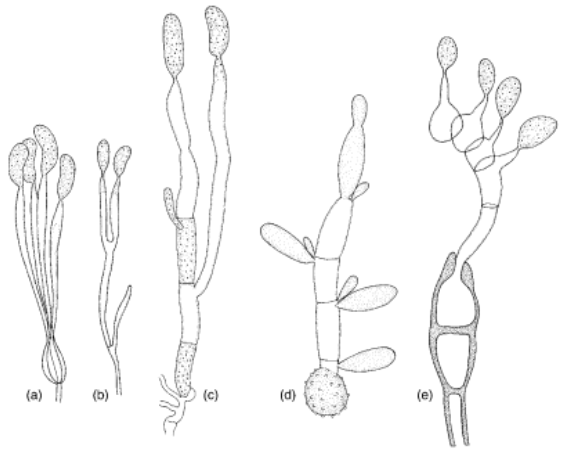
التركيب الجنسي الذي ينتج من التزواج الجنسي هو البازيديم Basidium تركيب خلوي يحمل السبورات Basidiospores خارجياً على شكل منحني ، tapering sterigmata. عادةً هناك اربع سبورات بازيدية لكن لايمنع ان يكون هناك سبور واحد او اثنين او بعض الاحيان تكون السبورات اكثر من اربع مثل الفطر *Phallus impudicus*؛ (stinkhorns) الذي يكون تسع سبورات بازيدية.

أشكال البازيديوم Basidium

1- نوع Holobasidia التي تكون على شكل خلية اسطوانية غير مقسمة بحواجز موجودة في فطريات المشروم.
2- Tuning-fork type البازيديوم المقسم في نهايته الى ذراعين مشابهين للشوكة على كل ذراع يتكون سبور بازيدي كما في الفطر *Calocera* , *Dacrymyces* . (b)

3- Phragmobasidia or Heterobasidia مثل بازيديم Jew's ear fungus الفطر *Auricularia auricula-judae* (c) التي تكون مقسمة عرضيا اما في الفطر *Tremella* تكون البازيديم مقسمة طولياً (a).

4- في فطريات الاصداء Rusts fungi و فطريات التفحمات Smuts fungi البازيديوم يتكون من سبورات ذات جدران سميكة ثنائية النواة تسمى Teliospores (e) or Chlamydospores (d) ، عند النمو ينتج منها تركيب انبوبي يسمى Promycelium المقسم عرضياً بحواجز كل خلية تنتج سبور بازيدي في فطريات الاصداء او تنتج عدة سبورات بازيدية Sporidia في فطريات التفحمات.



التكاثر اللاجنسي في الفطريات البازيدية

الطور الكونيدي (اللاجنسي) سجل بعدد اقل من الفطريات الكيسية والكونيديات تتكون على الخيوط الفطرية احادية او ثنائية النواة ويمكن ان تتكون على الجسم الثمري البازيدي ولها دور في التكاثر الجنسي واللاجنسي. وهناك ثلاث اشكال من الكونيديات في الفطريات البازيدية وهي :

1- Oidia (arthrospore)
2- Blastic conidia
3- Chlamydospores

Class Homobasidiomycetes

تتميز الفطريات في هذا الصنف بتكوين بازيديوم من نوع Holobasidium . وهناك الالاف الانواع في هذا الصنف لها قيمة غذائية جيدة ،لكن الذي يمكن زراعته هو 40 نوع فقط منها: *Agaricus bisporus* ، *Lentinula edodes* ، *Pleurotus spp* ، *Flammulina velutipes* ، *Volvariella volvacea* . وهناك انواع لا يمكن استزراعها الا بوجود اشجار معينة التي يمكن ان ترتبط معها بعلاقة تعايشية. اعتمد تصنيف الفطريات في هذا الصنف على أختلاف ترتيب طبقة Hymenium وما يحيط بها من Hymenophore في منطقة الخياشم gills الانواع الشائعة لهذه الطبقة هي :

علاوة على ذلك صنف هذا الصنف الى ثمان رتب اعتماداً على الصفات الوراثية التي وضحت توزيع افراد هذا الصنف ضمن الشجرة الوراثية الى ثمان مجاميع وراثية Clades التي عكست ثمان رتب وبعض الاحيان اسم الرتبة يشتق من اسم المجموعة الوراثية.

Order Euagricales

1- Family Agaricaceae

Genus *Agaricus*

يضم هذا الجنس انواع كثيرة التي تسمى بالمشروم Mushrooms وينتشر في المناطق ذات الحرارة المعتدلة . وتتميز الخيوط الفطرية لهذا الجنس بأعمارها الطويلة. من انواعه (horse mushroom) *A. arvensis* . الجسم الثمري كبير الحجم ويتميز بلون ابيض وقد يتغير اللون في عند تعرض الفطر للكدمات. وهناك حلقة حول ساق الجسم الثمري وبعض الاحيان حلقتين كما في *A. bitorquis* . الخياشم تكون بلونPink قبل النضوج وتتحول الى بنفسجي بعد النضوج.

2- Family Amanitaceae

Genus *Amanita*

أيضا جنس يضم عدد كبير من الانواع التي قسم منها يكون سام مثل *A. phalliodes* ، ويكون علاقة تعايشية مع كثير من الاشجار مثل الصنوبر. بعد التغذي على الفطر السام تبدأ الاعراض وتنتهي بالموت خلال 7 ايام، التي تتميز بحصول القيء والاسهال الشديد خلال اول يومين وبعد فترة قصيرة يحدث تحطم لأنسجة الكبد ونزيف معدي معوي في اليوم الثالث والرابع ، تلف بالدماغ في اليوم الخامس ، وفشل كلوي في اليوم السادس ومن ثم الموت في اليوم السابع.

Class Heterobasidiomycetes

اسم هذا الصنف له مرادفات اخرى وهي 'Phragmobasidiomycetes' and 'jelly fungi . تركيب البازيديوم يكون قوي ومقسم بحواجز طولية وعرضية لذلك تسمى البازيديوم Phragmobasidia. الجسم الثمري في هذه المجموعة بسيط التركيب مقارنة بالمجموعة السابقة. الجسم الثمري يمكن ان يبقى على قيد الحياة في الظروف الجافة ويعود للنمو في حالة اعادة الظروف الرطبة وبعد عودة الرطوبة يمكن للجسم الثمري ان ينتفخ ويكون بشكل جيلاتيني ولهذا السبب سميت بأسم Jelly fungi. السبورات البازيدية يمكن ان تكون سبورات ثانوية التي بدورها تتحرر على شكل كونيديات او خلايا خمائر. ترتبط معيشة هذه الفطريات مع الخشب والنباتات الاخرى كفطريات مترممة او فطريات متطفلة على فطريات اخرى Mycoparasites.

Subclass Heterobasidiomycetidae

1. Ceratobasidiales
Ceratobasidium (anam. *Rhizoctonia* = *Ceratorhiza*).

2. Tulasnellales
Tulasnella (anam. *Rhizoctonia*)

3. Dacrymycetales

SubclassTremellomycetidae

1. Tremellales
Filobasidiella neoformans (anam.*Cryptococcus*)

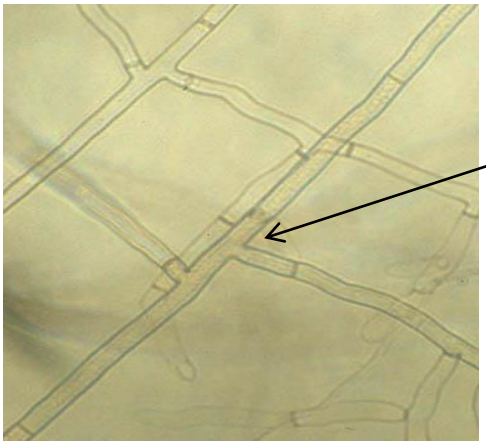
2. Trichosporonales
Cryptococcus A
Trichosporon A

Dacrymyces

4. Auriculariales
Auricularia

Rhizoctonia

النوع المهم في هذا الجنس هو ***R. solani*** الذي يسبب امراض كثيرة في النباتات خصوصا عن طريق تلويث التربة من اهمها مرض سقوط البادرات Damping off of seedling. يمكن ان يعيش الفطر لعدة سنوات في التربة كجسم حجري صغير وينتج هذا من بقايا النباتات الميتة بسبب اصابة الفطر لها.



تخصر في منطقة تفرع الهايفا التي تكون بزواية قائمة

Tremella

النوع الشائع هو *T. mesenterica* الذي يكون جسم ثمري جيلاتيني اصفر او برتقالي او الوان اخرى وهذه الالوان تظهر بسبب تكوين الكاروتينات. هناك انواع منه يمكن ان تستزرع مثل silver ear fungus . الجسم الثمري يمكن ان يستخدم للأكل والعلاج.

Heterobasidiomycetes yeasts

يوجد نوعين من الخمائر المهمه بالنسبة للأنسان هما

- *Filobasidiella neoformans* (anam. *Cryptococcus*)
- the astaxanthin producer *Phaffia rhodozyma*

اما الخميرة *Trichosporon* spp فهي تعتبر انتهازية في اصابتها للانسان ولا تقل اهمية عن الخمائر الاخرى.

Cryptococcus

تعتبر هذه الخميرة الطور اللاجنسي من خميرة *Filobasidiella* ، فيها الكثير من الانواع لكن هناك نوعين مهمين بالنسبة للانسان هما *C. neoformans, C. gattii*. تصيب هذه الخميرة الانسان السليم و الانسان الذي يعاني من نقص مناعي بسبب

مرض مزمن او غيرها. وهناك صفة مهمة لهذه الخميرة هي coat of mucilage الذي يحيط خلايا الخميرة النامية ، وعلى هذا الاساس قسمت الى اربع Serotypes (A-D) أو قد تسمى الكابسول Capsule التي تعتبر واحدة من عوامل الضراوة لهذه الخميرة والكابسول تتكون من مركبات Polysaccharides. بالاضافة الى قدرة الخميرة على تكوين الـ Melannin الذي يحمي خلايا الخميرة من ضغط الاكسدة. ايضا قدرة الخميرة على النمو في درجة حرارة 37- 39 م

Class Urediniomycetes

يحتوي هذا الصنف على 8000 نوع من الفطريات معظمها يعتبر مهم من الناحية الاقتصادية وبالخصوص الفطريات التي تنتمي الى الرتبة:

Order Uredinales (rust fungi)

لانها تهاجم النباتات وتسبب امراض خطيرة جدا وهي smut and rust diseases امراض التفحم والاصداء. وهناك بعض انواع الفطريات التي تكون بشكل خمائر مثل الخمائر الحمراء *Rhodotorula* and *Sporobolomyces* التي تنتمي الى رتبة Sporidiales. الميزة الرئيسية في هذا الصنف هي تكوين السبورات Teliospores والذي يمثل تركيب البازيديوم Basidium.

Order Uredinales

أو تسمى فطريات الاصداء التي يكون البازيديوم فيها على شكل غزل فطري يسمى Metabasidium حيث يكون مقسم عرضيا الى اربع خلايا ومن كل خلية يبرز sterigmata واحدة وتحمل سبور بازيدي واحد. سابقاً كانت تعتبر هذه الفطريات اجبارية التطفل لكن تمكن الباحثين من تنمية الكثير منها على اوساط زرعية وتعتبر الان اختيارية الترمم.

لا تتكون اعضاء تكاثرية متميزة مثل anthridia و ascogonia في الفطريات الكيسية ولكنها تكون اشكال مختلفة من التراكيب التكاثرية تعطي كل منها نوعا متميزاً من السبورات .

أطوار دورة حياة فطريات الاصداء :

1- Pycnial stage
2- Aecial stage
3- Uredial stage وهو الطور اللاجنسي الوحيد
4- Telial stage
5- Metabasidial stage

Class Ustilaginomycetes

وتسمى فطريات التفحم Smut fungi التي تسبب امراض التفحم وينتج عنها خسائر اقتصادية كبيرة . اسم الفطريات يعطي صورة عن ما تسببه من اعراض على النبات المصاب حيث تتكون مادة سخامية على النبات المصاب التي هي عبارة عن السبورات البازيدية التسي تكون على شكل غبار اسود. ايضاً يتم التزاوج بين خليتين متوافقتين قد تكون سبورات بازيدية او خلايا كونيدية او خلايا ناتجة من تفتت المايسليم . ومن انواعها الفطر *Ustilago maydis* وبشكل عام تكون فطريات التفحم ثنائية الشكل Dimorphic fungi .