بسم الله الرحمن الرحیم

میکروبیولوژی صنعتی

گرد آورنده

دکتر پذیر

مقدمه:

قبل از آنکه به تاریخچهٔ شناخت میکروارگانیسم ها در مواد غذایی بپردازیم ابتدا نکاتی چند دربارهٔ ارتباط بشر با مواد غذایی و میکروارگانیسم ها یادآور می شویم.

بشر در زندگي روزانهٔ خود با دهها و گاهي صدها نوع میکروارگانیسم سروکار دارد که خواسته و یا ناخواسته بر زندگي او و پیرامونش اثر می گذارند. بسیاري از این موجودات براي انسان سودمند هستند و تعدادي از آنها زیان هایي به وي وارد میآورند.

واژهٔ میکروارگانیسم (Micro Organism) که از دو کلمهٔ میکرو به معناي ریز و ارگانیسم به معناي موجود زنده تشکیل شده است ، همهٔ موجودات ذره بیني یعني باکتریها، قارچ هاي میکروسکوپي (مخمرها و کپکها) ، ویروسها و تك یاختگان را در بر می گیرد. در این بحث ما به بررسي باکتریها و قارچهایي که نقش اصلي را در تهیه و یا فساد مواد غذایي بعهده دارند میپردازیم.

میکروارگانیسم ها در همه جاي کرهٔ زمین یافت می شوند، از چشمه هاي آبگرم تا سرزمین هاي قطبي که سرماي آنها به 70-60 درجه زیر صفر میرسد. برخي از میکروارگانیسم ها در محیط هاي بسیار اسیدي مثل اسید سولفوریك و برخي در محیطهاي قلیایي با $pH \approx 12$ که براي بیشتر موجودات این شرایط کشنده است به زندگي خود ادامه می دهند.

تعداد میکروارگانیسم ها در مواد غذایي قابل ملاحظه است. بعنوان مثال در یك گرم گوشت چرخ کرده تعداد میکروبها ممکن است بین $10^6 - 10^7$ و حتي بیشتر باشد، در ماست این تعداد ممکن است تا 10^9 عدد در هر میلي لیتر افزایش یابد. شیر تحویلي کارخانجات لبني گاهي داراي 15 میلیون میکروب در میلي لیتر و حتي بیشتر بوده که مورد پذیرش قرار می گیرد. البته مواد غذایي مختلف از نظر آلودگي به میکروارگانیسم ها بسیار متفاوت هستند. بعنوان مثال گردو، پسته و ... که داراي پوستهٔ محافظ میباشند از نظر آلودگي در معرض خطر کمتري قرار دارند. در حالیکه شیر که در تماس با عوامل مختلف آلاینده قرار داشته و از طرفي محیط بسیار مناسب براي رشد میکروبهاي مختلف است، آلودگي بیشتري دارد.

تاریخچه شناخت میکروارگانیسم ها در مواد غذایی

اصولاً در مورد ارتباط انسان ، غذا و میکروارگانیسم، تاریخ را میتوان به دو دوره تقسیم نمود:

1- دوره ایکه انسان غذاي خود را تنها از طبیعت میگرفت **(Food gathering period)** این دوره از یك میلیون سال قبل تا 8 هزار سال پیش ادامه داشت و احتمالاً انسان طي این دوره گوشتخوار بوده، در اواخر این دوره تدریجاً اغذیة گیاهي به غذاي انسان اضافه گردید و بشر پختن غذا را فرا گرفت.

2- دورة تهیه و تولید غذا **(Food producing period)** که از 8 هزار سال قبل شروع و تا کنون ادامه دارد. احتمالاً انسان از اوایل این دوره با فساد و مسمومیتهاي غذایي برخورد داشته است. میگویند اولین ظروف گلي که براي پختن غذا بکار گرفته شد مربوط به 6 تا 8 هزار سال قبل است که بیانگر وجود دانش پختن و تولید مواد غذایي است.

سومریها حدود 3 هزار سال قبل از میلاد نخستین کساني بودند که به کارگله داري و دام پروري پرداختند و براي اولین بار کره تهیه کردند. نمك سودکردن گوشت حیوانات و ماهي در همین ایام انجام شد. بین 1200 تا 3000 سال پیش از میلاد یهودیها نمك بدست آمده از بحرالمیت را براي نگهداري مواد غذایي بکار بردند.

رومیها کار نگهداري گوشت را 3000 سال پیش میدانستند و با استفاده از برف و یخ، میگو و برخي دیگر از مواد غذایي فاسد شدني را نگهداري مي کردند. روش دود دادن جهت نگهداري غذاها احتمالاً درهمین ایام شناخته شد.

شاید بتوان ادعا کرد که کرشر **(Kircher)** نخستین کسي است که نقش میکروارگانیسم ها را در فساد مواد غذایي اعلام نمود. این شخص یك کشیش بود ودر سال 1658 لاشه فاسد شده و گندیدة حیوانات و همچنین گوشت و شیر فاسد شده را بررسي کرد و در آنها به قول خودش کرم هاي کوچکی را مشاهده کرد که با چشم غیر مسلح قابل رویت نبود. از آنجائیکه توضیحات او دربارة مشاهداتش دقیق و قانع کننده نبود، زیاد مورد توجه قرار نگرفت تا اینکه در سال 1765 اسپالانزاني نشان داد که اگر آبگوشت گاو را مدت یکساعت جوشانده و در ظرف را محکم ببندیم فاسد نمیگردد. در اواخر قرن هجدهم محققاني بنام Papin و Leibniz هم اشاراتی به استفاده ازگرما براي نگهداري مواد غذایي داشتند.

در هر حال رويدادي كه منجربه كشف روش **Canning** جهت نگهداري مواد غذايي گرديد، تعيين جايزة 12000 فرانكي از سوي دولت فرانسه در سال 1795 طي جنگ جهاني اول بود. در سال 1809 يك فرانسوي به نام فرانسوا آپرت موفق به نگهداري گوشت در يك بطري شيشه اي كه آن را مدتي در آب جوش كذاشته بود گرديد. بعدهااين شخص پدر صنعت كنسرو سازي نام كرفت. و در حال حاضر فرآيند حرارتي به نام **Appertizing** انجام ميكيردكه استفاده ازشرايط حرارتي شديد (بالاي 100°C) ميباشد.

نخستين فردي كه بطور دقيق حضور و نقش ميكروارگانيسم ها را در مواد غذايي شناخت لوئي پاستور بود. اين دانشمند در سال 1837 نشان داد كه عامل ترش شدن شير، ميكروبها هستند ضمناً در سال 1860 براي اولين بار از حرارت جهت نابودي ميكروارگانيسم هاي نامطلوب موجود در شراب و آبجو بهره گرفت و اساس فرآيند پاستوريزاسيون مواد غذايي را بنياد نهاد.

نقش ميكروارگانيسم ها در مواد غذايي :

چنانچه ميكروارگانيسمي در مادة غذايي زنده مانده و تكثير يابد، برحسب نوع ميكروب و نوع مادة غذايي تغييراتي ايجاد شده كه ميتوان آن را به سه گروه تقسيم نمود:

الف- تغييرات دلپذير و خوشايند

ب- تغييرات نامطبوع و ناخوشايند

ج- تغييراتيكه باعث مسموميت و گاهي مرگ ميشود

الف- تغييرات مطلوب

ميكروبهاي زيادي وجود دارند كه قادر به ايجاد تغييرات مطلوب مورد نظر ما هستند از جمله ميتوان به باكتريهاي لاكتيكي **(Lactic Acid Bacteria)** اشاره نمود كه در تهيه فرآوردهاي لبني مثل ماست ، برخي انواع پنير ، كره تخميري ، دوغ و همچنين برخي فرآورده هاي گوشتي و سبزيجات تخميري بعنوان كشت آغازگر **(STARTER CULTURE)** مورد استفاده قرار ميگيرد . اين گروه باكتريها علاوه بر تغييرات مطلوب ظاهري بدليل توليد برخي متابوليت ها نقش مؤثري در سلامت انسان و مخصوصاً سيستم گوارشي دارند و همچنين توليد عوامل ضد ميكروبي نموده كه ارزش آنها را دو چندان ميكند و در فصول بعد با آنها بيشتر آشنا خواهيم شد .

در تهیه خمیر نان ، مخمر ساکاروسیس سرویزیه نقش اصلی را در ور آمدن (Leavening) خمیر ایفا میکنند . در تهیه الکل نیز مخمر ها با تخمیر مواد قندي نقش خود را ایفا میکنند و در صورت استفاده از باکتریهایی استیکي نظیر استوباکتر میتوان الکل را به سر که تبدیل نمود .

از میکروبها میتوان در تولید آنتی بیوتیکهایی نظیر پنیسیلین و تتراسیکلین، اسانس هاي مختلف، سموم میکروبي، آنزیم هایي نظیر پروتئاز و پکتیناز ، ویتامین هایي نظیر ویتامین C و B ، رنگهاي متفاوت ، پروتئین (نظیر SCP) و بسیاري ترکیبات دیگراستفاده نمود . SCP (Single Cell Protein) یا پروتئین تك یاخته که حاصل تکثیر مخمرهاي بخصوصي نظیر:

Kluyveromyces fragilis , Kluyveromyces Lactis ، Candida Lipolitica , Candida utilis

جهت خوراك طیور به جاي پودر ماهي و جهت خوراك دام به جاي کنجالة سویا استفاده میشود. لازم به ذکر است کنجاله سویا یکي از رقباي پروتئین تك سلولي در بازار جهاني است.

ب- تغییرات نامطلوب

تغییرات نامطلوبي که توسط میکروبها در مواد غذایي انجام میشود و تنها موجب ظاهر نامطلوب یك ماده غذایي شده و نه لزوما ایجاد بیماري یا خطر در مصرف کنندگان را فساد یا SPOILAGE مینامند. این تغییرات معمولاً با ترشیدگي (ناشي از تجزیه قندها و تولید اسید) ، تندشدن (ناشي از تجزیة چربیها و تولید اسیدهاي چرب آزاد و سایر مواد فرار سبك)، گندیدگي (ناشي از تجزیهٔ پروتئینها در شرایط بي هوازي که به دلیل تولید عوامل بدبو مثل SH2, NH3 , اندول ، کاتشول، کاداورین... بوده و تحت عنوان PUTRIFICATION نامیده میشود) و تلخي (ناشي از تجزیه چربي و به خصوص پروتئین در مواد غذایي پروتئیني نظیر پنیر بوده که یکي از ترکیبات مؤثر در ایجاد آن پپتیدهاي تلخ B ITTER PEPTIDS میباشد) همراه میباشد. شیر پاستوریزه اي که بعد از چند روز و قبل از باز نمودن بسته بندي بریده مصداقي از مطلب فوق است. مصرف این شیر موجب بیماري نخواهد شد چراکه ضمن فرایند پاستوریزاسیون تمامي باکتریهاي پاتوژن از بین رفته اند.

ج- تغییراتیکه سبب مسمومیت و یا مرگ مي شود

باکتریها ، مخمرها و کپك ها مهمترین میکروارگانیسم هایي هستند که در مواد غذایي یافت میشوند. این ارگانیسم ها به علت وجود سیستم دفاعي بدن نمیتوانند باعث ایجاد بیماري شوند اما اگر شرایط مساعدي براي رشد آنها فراهم شود یا سیستم دفاعي بدن ضعیف گردد، میتوانند

بيماري هاي مختلفي را در انسان ايجاد نمايند. به طور كلي بيماري هايي كه در اثر مصرف مواد غذايي ايجاد ميشوند به دو دسته تقسيم ميگردد:

1- عفونت غذايي (***FOOD INFECTION***) :

در اين بيماري ها ميكروارگانيسم هاي زنده در داخل قسمتي از بدن و به طور معمول سيستم گوارش ساكن شده و رشد و تكثير مينمايند. سپس به ساير بافت ها حمله ميكنند و با توليد سم كه به طور عمده اندوتوكسين (ENDOTOXIN) ميباشد، سبب ايجاد بيماري خواهند شد. بنابراين وجود ميكروارگانيسم هاي زنده براي ايجاد بيماري هاي عفوني ضروري است و به همين دليل درمان آن با مصرف داروهايي نظير آنتي بيوتيكها انجام ميشود. علايم اين بيماري هاي شامل التهاب گوارشي، استفراغ، اسهال، درد عضلات شكم و دل پيچه است. از جمله اين بيماريها ميتوان به سالمونلوز، شيگلوز و ويبريوز اشاره كرد.

2- مسموميت غذايي (**FOOD POISONING- INTOXICATION**) :

اين بيماري ها در اثر مصرف سم باكتريايي يا قارچي به وجود ميايد كه ممكن است در ماده غذايي و يا داخل بدن انسان ترشح گردد. در اين بيماري نيازي به ورود ميكروب به داخل بدن نيست و بنابراين درمان آن با آنتي بيوتيك انجام نميشود بلكه از آنتي توكسين استفاده ميشود. برخي از سموم كه توسط ميكروب ها توليد ميشوند به شرح ذيل است:

2-1- **اگزوتوكسين(EXOTOXIN)** : سمي است كه به خارج سلول ترشح ميشود، برخلاف عوامل عفونت زا كه سم داخلي (ENDOTOXIN) توليد ميكنند. از انواع اگزوتوكسين ها ميتوان به سموم ذيل اشاره كرد:

2-1-1- **انتروتوكسين(ENTEROTOXIN)** : سم خارج سلولي است كه در سيستم گوارشي و به خصوص ناحيه روده اثر ميكندو موجب التهابات معده و روده (GASTROENTRITIS) ميشود. شايعترين عارضه آن اسهال است و درمان آن با تامين آب از دست رفته بدن امكان پذير است. از اين نوع بيماري ميتوان به مسموميت استافيلوكوكال ، وبا و بيماري اسهال مسافرين اشاره كرد.

2-1-2- نوروتوكسين(NEUROTOXIN) : اين سم خارجي روي سيستم عصبي اثر ميكند و باعث اختلال در انتقال پيام هاي عصبي و فلج عضلاني ميشود. سم ترشح شده توسط كلستريديوم بوتولينوم از جمله اين سموم است. در اين مسموميت فرد در اثر خفگي ميميرد. اين سم مقاومت حرارتي زيادي نداشته و در دماي 100 درجه سانتيگراد به مدت 10 دقيقه به راحتي از بين ميرود به همين دليل توصيه ميشود قوطي كنسروهاي با اسيديته كم، قبل از مصرف به مدت 20 دقيقه جوشانيده شود.

2-2- اندوتوکسین(ENDOTOXIN) : قسمتي از غشاي خارجي ديواره سلولي باکتري هاي گرم منفي است که در لايه ليپوپلي ساکاريدي آنها قرار دارد و عموما موجب عفونت غذايي ميشود.

2-3- ميکوتوکسن ها (MYCOTOXINS) : به سموم قارچي گويند که در موارد حاد مسموميت همراه با تهوع ، استفراغ و اسهال ايجاد کرده و در حالت مزمن باعث سرطان (CARCINOGENIC) خواهد شد.

آشنايي با ميکروبهاي مهم در مواد غذايي

براي درك ارتباط ميکروارگانيسم ها با مواد غذايي ، ميبايست با ترکيب مواد غذايي آشنا باشيم. آگاهي از ترکيبات شيميايي مواد غذايي شرط لازم براي دانستن و پيش بيني وضع ميکروبي آن مادة غذايي است. لذا در ابتدا عوامل مهم و مؤثر بر رشد ميکروبها در مواد غذايي مورد بحث قرار ميگيرد. آگاهي و شناخت در مورد اين عوامل، چه آنهايي که جهت رشد و تکثير ميکروارگانيسم ها مناسب ميباشند و يا عواملیکه نقش بازدارندگي دارند، براي شناخت اصول فساد و نگهداري مواد غذايي ضروري است. اين عوامل عبارتند از:

مواد مغذي ، غلظت يون هيدروژن (pH) ، رطوبت، پتانسيل اکسيداسيون و احياء (E_h) و وجود يا عدم وجود عوامل بازدارنده .

1- مواد مغذي (Nutrients) :

نوع و نسبت مواد مغذي در تعيين نوع ميکروارگانيسم نقش بسيار مهمي دارد. مواد مغذي مورد نياز ميکروب شامل : منبع انرژي و کربن ، منبع ازت، مواد معدني، ويتامين ها و فاکتورهاي رشد ميباشد.

الف) منبع انرژي و كربن:

ميكروبها معمولاً از دو منبع بزرگ انرژي استفاده ميكنند: انرژي نوراني و انرژي حاصل از تجزية تركيبات شيميايي . باكتريها و جلبكهايي كه داراي پيگمان هستند از انرژي نوراني استفاده مي كنند, اين گروه موسوم به فتوتروف بوده،در صورتيكه از تركيبات ساده نظير CO2 بعنوان مادهٔ غذايي استفاده نمايند فتوليتوتروف واگر از تركيبات نسبتا" كمبلكس آلي استفاده نمايند فتوارگانوتروف ناميده ميشوند, اما بيشتر باكتريها ، مخمرها، كپك ها كموتروف (**Chemotroph**) بوده و از تركيبات شيميايي بعنوان منبع انرژي استفاده ميكنند اين گروه نيز شامل كموليتوتروف و كموارگانوتروف ميباشند. از آنجائيكه كربن فراوان ترين عنصر طبيعت بوده و عنصر اصلي همه ملكولهاي آلي است، تركيبات كربن دار مخصوصاً كربوهيدراتها بيش از ساير تركيبات بعنوان منبع انرژي و همچنين منبع كربن مورد استفاده ميكروارگانيسم ها قرار ميگيرد (كربن 50-45درصد وزن خشك سلول را تشكيل مي دهد). در ميان كربوهيدراتها، تركيبات ساده سريعتر مورد استفاده ميكروب قرار ميگيرد بطوريكه گلوكز توسط اغلب ميكروبها استفاده ميشود . كربوهيدراتهاي پيچيده نظير سلولز ، نشاسته و پكتين توسط برخي از ميكروبها و آنهايي كه قادر به توليد آنزيم هاي مورد نياز باشند ، مورد استفاده واقع ميشود بنابراين ميتوان انتظار داشت در ميوه جات و سبزيجات كه تركيبات سلولزي و پكتيني به ميزان زياد وجود دارند ، اينگونه ميكروبها رشد نمايند و يا در شير كه حاوي مقادير زيادي لاكتوز است ، ميكروبهايي كه قادر به توليد لاكتاز باشند رشد نمايند . البته ميكروارگانيسم از منابع ازته مثل پلي پپتيد ، پپتيد ، اسيدهاي آمينه ، و يا اسيد هاي آلي ، استر ها ، چربيها و .... نيز ممكن است كسب انرژي نمايد اما زمانيكه منبع انرژي آسان تري نظير كربوهيدرات در اختيار آن نباشد ، اقدام به اين عمل مينمايد .

ب - منبع ازت

توانايي ميكروارگانيسم ها در استفاده از تركيبات مختلف ازته جهت رشد متفاوت است اما تمام ميكروب ها معمولاً ازت معدني را به شكل آمونياك و يا املاح آمونياكي مصرف ميكنند ، در عين حال اگر به محيط كشت ، اسيد هاي آمينه و بازهاي پوريك افزوده شود ، ضريب رشد ميكروبها معمولاً افزايش ميابد . اين تركيبات تحريك كنندة رشد هستندو البته هميشه به سادگي در دسترس ميكروب قرار ندارند لذا در كشت هاي صنعتي آنها را بصورت عمدي به محيط اضافه مينمايند . در آلودگي هاي غذايي نيز ميكروبها كه قادر به هيدروليز پروتئين ها نباشد تنها در صورت كمك يك ارگانيسم پروتئوليتيك قادر به رشد خواهند بود. بطور كلي در ميان ميكروارگانيسم هاي مختلف كپك ها قدرت پروتئوليتيك بيشتري نسبت به ساير‌ين داشته در مقايسه ، تعداد كمتري از باكتريها و تعداد خيلي كمتري از مخمرها فعاليت پروتئوليتيك دارند.

ج: املاح معدني:

اين عوامل تقريبا هميشه ، حتي به مقدار خيلي كم در مواد غذايي يافت ميشوند نظير Na,Fe,Ca,...

د: ويتامين ها :

برخي از ميكرو ارگانيسم ها قادر به ساخت تعدادي و يا كل ويتامين هاي مورد نياز خود نيستند و ميبايست اين ويتامين ها را از محيط اطراف خود جذب نمايند . بيشتر مواد غذايي گياهي و حيواني داراي مقادير مشخصي از ويتامين ها هستند اما ممكن است از نظر برخي ويتامين ها محدود بوده و يا فاقد آنها باشند. مثلا در گوشت ويتامين هاي گروه B به مقدار زياد يافت مي شود اما در ميوه جات وجود نداشته و يا خيلي خيلي كم است. در مقابل ميوه جات از نظر ويتامين C غني هستند.

3- غلظت يون هيدروژن (pH) :

تاثير PH ماده غذايي بر سلولهاي ميكروبي حائز اهميت است . هر ميكرو ارگانيسم جهت رشد داراي يك pH حداقل و يك pH حداكثر است. بطور كلي مخمر و كپك ها نسبت به باكتريها به محيط هاي اسيدي مقاومت بيشتري دارند، بنابراين مواد غذايي با pH پايين نظير آبميوه ها ، محصولات

تخميري، ترشيجات و ... نسبت به باكتريها مقاوم بوده و بيشتر توسط مخمرها يا كپك ها مورد حمله قرار مي گيرند. كپك ها بيشتر از اكثرمخمرها و باكتريها در مقابل تغييرات pH مقاوم هستند و بسياري از آنها در اسيديته هاي غير قابل تحمل براي مخمرها و باكتريها به رشد خود ادامه ميدهند. اكثر باكتريها pH نزديك به خنثي را ترجيح ميدهند (مواد غذايي پروتئيني) گرچه برخي از آنها مثل گروه باكتريهاي لاكتيكي (LAB) اسيديته متوسط را ترجيح داده و برخي در محيط هاي قليايي مثل سفيده تخم مرغ (pH =9) نيز رشد مي نمايند.

محدوده pH رشد باكتريها 3/5-10/5 ، مخمرها 1/5-8/5 و كپك هاي 11-0 بوده و pH بهينه رشد آنها به ترتيب 7-6 ، 5-4 و 6-4 ميباشد. همچنين بر اساس pH مواد غذايي به 4 گروه تقسيم بندي شده اند:

1- مواد غذايي كم اسيدي با pH >5/3

2- مواد غذايي متوسط اسيدي با 5/3 > pH > 4/5

3- مواد غذايي اسيدي با 4/5 > pH > 3/7

4- مواد غذايي خيلي اسيدي با pH < 3/7

لازم به ذكر است pH =4/5 يك نقطه بحراني به حساب آمده و باكتريهاي بيماريزا قادرند در مواد غذايي با pH بالاتر از آن فعاليت نموده، موجب ايجاد بيماري هاي غذايي (FOOD-BORN DISEASES) شود. در pH پايين تر از اين نقطه عوامل بيماري زا محدود به كپك ها و برخي مخمر ها ميشود.

PH بيشتر سبزيجات بالاتر از ميوه جات بوده، در نتيجه بيشتر در معرض فساد باكتريايي هستند تا فساد قارچي.

PH يك محصول را ميتوان با pH متر تعيين نمود اما اين عامل به تنهايي جهت پيش بيني نوع ميكروبي كه قادر به رشد در آن مادة غذايي باشد كافي نيست و بهتر است نوع اسيدي كه باعث PH معيني ميشود ، مشخص گردد ، چون فعاليت بازدارندگي اسيدهاي مختلف فرق دارد. بطور كلي اسيدهاي آلي فعاليت باز دارندگي بيشتري نسبت به اسيدهاي معدني دارند.بسياري از اسيدهاي آلي مثل استيك ، پروپيونيك ، لاكتيك ، سوربيك و بنزوئيك اسيد بعنوان محافظت كننده (Preservative) مورد استفاده قرار مي گيرند.

PH برخي مواد غذايي در جدول 1 اشاره گرديده است.

جدول 1- PH تقريبي برخي مواد غذايي

نام محصول	PH	نام محصول	PH
سبزيجات:		ميوه جات:	
چغندر قند	4/2-4/4	سيب	2/9-3/3
كلم	5/4-6/0	آناناس	4/5-4/7
هويج	6/0 ، 4/9-5/2	انجير	4/6
ذرت	7/3	آب گريپ فروت	3/0
كاهو	6/0	انگور	3/4-4/5
زيتون	3/6-3/8	هندوانه	5/2-5/6
پياز	5/3-5/8	آب پرتقال	3/6-4/3
سيب زميني	5/3-5/6	ليمو	1/8-2/0
اسفناج	5/5-6/0	فراورده هاي	

		دريايي	
گوجه فرنگي	4/2-4/3	ماهي (اكثر گونه ها)	6/6-6/8
فراورده هاي لبني:		خرچنگ	7/0
كره	6/1-6/4	صدف	4/8-6/3
دوغ كره	4/5	ماهي تون	5/2-6/1
شير	6/5-6/8	ميگو	6/8-7/0
خامه	6/5	ماهي سفيد	5/5
پنير	4/9-5/9	ماهي سالمون	6/1-6/3

3- رطوبت مورد نياز (فعاليت آبي)

ميكرو ارگانيسم ها بدون وجود رطوبت قادر به رشد و زندگي نيستند ميزان آب مورد نياز براي همة ميكروب ها يكسان نيست و اصطلاحا به رطوبت مورد نياز آنها فعاليت آبي (Water activity) گويند. طبق تعريف فعاليت آبي (aw) عبارتست از : نسبت فشار بخار آب در مادة غذايي در دماي معين به فشار بخار آب خالص در همان دما.

$$aw = \frac{p}{p_0}$$

aw براي آب خالص معادل 1 و براي مواد غذايي مختلف كمتر از 1 است بين aw و رطوبت نسبي (RH) اتمسفر اطراف مادة غذايي رابطه ذيل وجود دارد

RH=aw*100

چنانچه رطوبت نسبي محيط اطراف كمتر از مقدار aw باشد ، به تدريج مادة غذايي رطوبت خود را از دست داده تا با رطوبت محيط به حالت تعادل برسد، در حالت عكس مادة غذايي رطوبت محيط را جذب خواهد كرد. فعاليت آبي براي برخي مواد غذايي به شرح ذيل است:

جدول2- ميزان فعاليت آبي برخي مواد غذايي

نوع ماده غذايي	AW
سبزيجات، ميوه جات ، شير و نوشيدنيهاي ديگر	0/98 به بالا

:

رب گوجه فرنگي، پنير ، كمپوت ميوه جات	0/93-0/98
شير تغليظ شده شيرين، گوشت گاو خشك شده	0/85-0/93
ميوه جات خشك شده، آرد ، حبوبات ، غلات ، گردو	0/6-0/65
عسل ، فرآورده هاي قنادي ، بيسكويت	زير 0/6

بنابراين با توجه به ميزان رطوبت يك مادة غذايي و نياز آبي ميكروارگانيسم ها كه در جدول ذيل به آن اشاره گرديده است ، ميتوان تا حدودي پيش بيني ميكرو بيولوژيكي جهت نوع ميكرو ارگانيسم هاي ممكن را انجام داد.

جدول 3- ميزان فعاليت آبي براي گروههاي ميكروبي و برخي ميكرو ارگانيسم ها

گروه ميكروبي	ميزان aw
اغلب باكتريهاي عامل فساد	0/9
اغلب مخمرهاي عامل فساد	0/88
اغلب كپك هاي عامل فساد	0/80
باكتريهاي هالوفيل (Halophile)	0/75
كپك هاي گزروفيل (Xerophile)	0/65
مخمرهاي اسموفيل	0/60
برخي ميكرو ارگانيسم هاي مهم	
گونه هاي سودوموناس	0/98
كلستريديوم بوتولينوم	0/97
اشريشياكلي	0/96
استافيلوكوكوس اورئوس	0/86
آسپرژيلوس گلوكوس	0/70
زيگوساكارو ماسيس روكسي ئي	0/62

جهت جلوگيري از رشد ميكروارگانيسم ها ، ميتوان فعاليت آبي را كاهش داد كه به طرق مختلفي انجام ميشود:

1- افزودن يونها و مواد محلول. با زياد شدن تعداد يون اثربخشي آن افزايش ميابد. بر همين اساس به ترتيب قدرت كاهش فعاليت آبي كاهش ميابد: سولفات سديم > نمك طعام> KCl > گليسرول

2- افزودن كلوئيدهاي آب دوست(هيدروكلوئيدها) نظير آگار، كاراگينان ، آلژينات ، پكتين

3- كريستاليزاسيون آب: مقدار aw براي آب خالص در صفر درجه سانتي گراد برابر 1 و در 5- درجه برابر 0/935 ، در 10- درجه برابر0/907 و در 20- درجه سانتي گراد 0/823 ميباشد. كريستاليزاسيون آب از طرفي باعث تغليظ مواد محلول در آب غير منجمد و كاهش بيشتر aw ميشود.

هر ميكرو ارگانيسم داراي يك aw بهينه و يك محدوده aw جهت رشد ميباشد . عوامل مؤ ثر بر ميزان فعاليت آبي مورد نياز ميكروب عبارتند از : مواد مغذي موجود ، PH محيط ، وجود عوامل بازدارنده ، ميزان اكسيژن ، درجه حرارت محيط . چنانچه يكي از عوامل محيطي مذكور مناسب نباشد ، دامنه فعاليت آبي كه ميكروب قادر به رشد باشد ، كاهش ميابد و اگر دو يا تعداد بيشتري از اين فاكتور ها نامناسب باشد ، محدودة فعاليت آب ، كوچكتر خواهد شد .

4- قدرت اكسيداسيون و احياء

بطور كلي قدرت اكسيداسيون و احياء مواد غذايي بر نوع ميكروارگانيسم هائيكه در آن محيط رشد مي كنند و در نتيجه تغييراتيكه در اثر رشد ميكروبها در غذا ايجاد مي شود تأثير مي گذارد . قدرت اكسيداسيون و احياء (OXIDATION-REDUCTION POTENTIAL) بستگي به ماهيت غذا و فشار اكسيژن در اتمسفر اطراف مادة غذايي دارد .

از نقطه نظر قابليت استفاده از اكسيژن آزاد ، ميكروارگانيسم ها به سه دسته تقسيم مي شوند :

1. ميكروارگانيسم هاي هوازي (AEROBIC)
2. ميكروارگانيسم هاي بي هوازي (ANAEROBIC)
3. ميكروارگانيسم هاي اختياري (FACULTATIVE) : كه به هر دو صورت هوازي و بي هوازي رشد مي كند.
4. ميكروارگانيسم هاي ميكروآئروفيل(MICROAEROPHILE) كه به شرايط كمي احياء شده احتياج دارند.
5. ميكروارگانيسم هاي آئروتولرانت (AEROTOLERANT) كه همان ميكروبهاي بي هوازي اند اما قادرند مقادير كم اكسيژن را تحمل نمايند.

کپك ها هوازي هستند و بيشتر مخمر ها نيز بصورت هوازي رشد ميكنند در حاليكه انواع مختلف باكتريها ممكن است بصورت هوازي ، بي هوازي و يا فاكولتاتيو رشد نمايند . بنابراين مواد غذايي كه قدرت اكسيداسيون بالايي دارند براي رشد ميكروبهاي هوازي مناسب بوده و در ضمن ارگانيسم هاي فاكولتايتو هم در آنها رشد مينمايند . برعكس مواد غذايي با قدرت اكسيداسيون كم براي رشد ميكروبهاي بي هوازي و يا فاكولتايتو مناسب خواهد بود .

قدرت اكسيداسيون و احياء يك سيستم غذايي را با E_h نشان ميدهند و بر حسب mv اندازه گيري مينمايند .يك ارگانيسم هوازي جهت رشد نياز به E_h مثبت و يك ارگانيسم بي هوازي احتياج به E_h منفي دارد

بيشتر مواد غذايي حيواني و گياهي تازه ، در داخل بافت داراي E_h پايين بوده كه در گياهان به خاطر مواد احياء كننده از قبيل اسيد آسكوربيك و قندهاي احياء كننده و در بافتهاي حيواني به خاطر گروههاي احياء كننده مثل گروه سولفيدريل (-SH) ميباشد . گوشت يا ميوة كامل روي سطح يا نزديك سطح E_h مثبت و در قسمتهاي داخلي داراي E_h منفي است

5- عوامل باز دارندة رشد ميكروبي (**Inhibitors**)

اين عوامل ممكن است به صور مختلف در مادة غذايي مشاهده گردند.

الف - عوامل باز دارنده اي كه بطور طبيعي در مادة غذايي وجود دارند نظير فاكتورهاي آنتي كلي فرم و **Lactenin** (سيستم لاكتوپراكسيداز همان لاكتنين شماره 2 است) در شير تازه ، ليزوزيم (Lysozyme) كه در شير، بزاق، اشك و سفيدة تخم مرغ وجود دارد، اسيد بنزوئيك در تمشك ، اوژنول در ميخك ، آليسين در سير ، آليل ايزوتيوسيانات در خردل ، بنزآلدئيد در گيلاس و .....

ب - عوامل باز دارنده اي كه توسط ميكروارگانيسم ها توليد گرديده و مانع فعاليت ساير ميكروبها ميشود (نوعي فعاليت رقابتي) از جمله اين تركيبات ميتوان به Pediocin , nisin , Lactococcin , sakacin و ... اشاره نمود كه عموما توسط باكتريهاي لاكتيكي توليد مي شوند (تركيباتي كه به Bacteriocin معروف هستند) البته باكتريوسيني به نام ENTROCIN توسط ايكلاي توليد ميشود، و يا ساير باز دارنده ها مثل آنتي بيوتيكها نظير استرپتومايسين ، پني سيلين و ... كه اغلب توسط كپك ها توليد گرديده و همچنين تركيبات بازدارندة گوناگون ديگري مثل اسيدهاي آلي ، الكل ها ، پراكسيدها ، دي استيل و ...

ج- عوامل بازدارنده اي كه ضمن يك فرآيند ايجاد مي گردد نظير راديكالهاي آزاد $(^{\circ}R)$ كه ضمن فرايند حرارتي چربيها توليد مي شود و يا هيدروكسي متيل فورفورآل (HMF) و فورفور آل (F) كه ضمن فرايند قهوه اي شدن محلول هاي قندي ايجاد مي شوند .

د- مواد بازدارنده اي كه بصورت عمدي به مواد غذايي اضافه مي شوند نظير پروپيونات ، سوربات ، استات بي فنيل ، متابي سولفيت و ...

ميكروارگانيسم هاي مهم در مواد غذايي

قبل از اينكه به طبقه بندي ميكروارگانيسم ها و ذكر گروههاي مختلف بپردازيم بهتر است با برخي اصطلاحات و واژه هاي متداول آشنا شويم .

Kingdom (Regnum)	سلسله
Division	شاخه
Class	رده
Order	راسته
Family	خانواده
Genus	جنس
Species	گونه
Ssp (sub species)	زير گونه
Strain	سويه - سوش

بطور كلي ميكرو ارگانيسم ها در دو سلسلة اصلي قرار مي گيرند :

1- سلسله حيواني (Animal like microorganism)

2- سلسله گياهي (Plant like microorganism)

سلسلة اول يك شاخه بنام پروتوزوآ داشته كه شامل 4 رده است :

1- ردة mastigo phora (پرتوزوآهاي تاژك دار)

2- ردة Cilio Phora (پرتوزوآهاي مژك دار)

3- ردة Sarcodina (پرتوزوهاي باپاهاي دروغين)يا آميبها

4- ردة Sporozoa (پرتوزوآهاي اسپورزا)

ميكروبهاي مهم از نظر مواد غذايي در سلسلة دوم قرار دارند . اين سلسله شامل 5 شاخه است .

1- شاخة پروتوفيت ها (Protophita) كه خود داراي سه رده است .

الف- ردة شيزوفيسي Schizophyceae (شامل جلبك هاي سبز آبي ساده است)

ب- ردة شيزومسيت ها Schizomycete كه باكتريها در آن قرار دارند.

ج- ردة ميكرو تاتوبيوت ها ، موجودات بسيار ريزي بنام ريكتسيا در آن قرار دارد.

2- شاخة تالوفيت ها كه شامل سه زير شاخه است.

الف- زير شاخة جلبكها (Algae) مثل دياتومه

ب- زير شاخه قارچها (Fungi) كه خود شامل چند رده است.

كپك ها Molds مخمر ها Yeasts قارچهاي كامل Mushrooms

ج- زير شاخه ليخن ها

شاخه هاي ديگر در مبحث ما زياد مورد توجه نميباشند لذا به ذكر آنها نمي پردازيم.

درتقسيم بندي ديگر 5 سلسلهٔ مختلف براي موجودات زنده مشخص گرديده است كه شامل:

1-سلسله جانوري

2-سلسله گياهي

3-قارچها

4-پروتيستها (آغازيان)

5-مونرآ (monerea)

4گروه اول تحت عنوان اوكاريوتها و گروه پنجم تحت عنوان پروكاريوتها مشخص شده اند.پروكاريوت ها به موجودات تك سلولي اطلاق ميشود كه فاقد غشاي هسته و ميتوكندري ميباشند و خود شامل 2 گروه:

الف-جلبكهاي سبزآبي ب- باكتريها

ميباشند و ريكتسياها نيز در همين گروه قرار دارند،اما ويروس ها هنوز جايگاه خاصي پيدا نكرده اند.

پروتيست ها (آغازيان) خود شامل 2 گروه پروتيستهاي آلي(پروتوزآها در اين گروهند و انواع مهم آن شامل : ژياردياء آميبها،ليشمانياء،تريپانوزوم است)و پروتيست هاي پست كه همان پروكاريوتها است، ميباشد.

كپك ها (molds)

اصطلاح كپك براي قارچ هاي چند سلولي نواري شكل بكار رفته كه رشد آن روي مواد غذايي پنبه اي شكل است قسمت اصلي رشد معمولا سفيد است ولي ممكن است تيره نيز باشد. وجود اسپورهاي رنگي نشانگر رشد كامل كپك (كپك بالغ) ميباشدكه به آن Perfect Mold ميگويند.

به رشته هاي نواري شكل هيف (hypha) و به كل توده ميسليوم (mycellium) گويند . هيف ممكن است درون مادة غذايي تشكيل شود كه به آن Submerged (غوطه ور) گويند و يا اينكه در سطح مادة غذايي تشكيل شود كه به آن Aerial گويند. در برخي كپك ها هيف به قطعات كوچكتري به نام Arthrospores تبديل ميشود. در حاليكه كپك ها مسئول فساد بسياري از مواد غذايي هستند، اما كاربردهاي زيادي ميتوانند داشته باشند, مثلا در توليد آنزيم هاي مختلف نظير پروتئازها آميلازها و يا توليد اسيدهاي آلي مثل اسيد سيتريك ، توليد اسانس ، ويتامين و ... .
از كپك ها در توليد برخي فرآورده هاي غذايي نظير پنيرهاي كپكي اعم از پنير هاي رگه آبي مثل پنير Roqueforti و Brie و همچنين پنير هاي با كپك سطحي مثل كاممبرت (cammemberti) و غذاهاي مربوط به جنوب شرق آسيا مثل schizo , mizo , koji ,...بكار ميرود .

ساختمان كپك ها :

كپك ها از نظر ساختمان هيف به 2 گروه تقسيم مي شوند:
الف) Septate : كه داراي ديوارة عرضي بوده و هيف را به سلولهاي مجزا تقسيم مي كند.
ب) Non-septate : بدون ديواره عرضي بوده و شبيه به يك استوانه دراز با چند هسته است.
كپك هاي گروه اول با تقسيم سلول انتهايي رشد و افزايش طول پيدا ميكند . در مورد كپك هاي گروه دوم رويش كپك شامل تقسيم هسته و افزايش طول هيف است .همچنين ساختار ميسليوم در شناسايي كپك ها مؤثر است مانند وجود ريزوئيدهادر ريزوپوس و آبسيديا, سلول پايه (Foot Cell) در آسپرژيلوس و شاخه هاي دو پايه در ژئوتريكوم.

رشد رويشي كپك ها (vegetative growth)

رشد رويشي كپك ها شامل بزرگ شدن و تقسيم سلولهاست . اين نوع رشد در انتهاي هيف انجام ميشود ، به اين صورت كه ياخته انتهايي تدريجا بر طولش افزوده شده، هسته نيز به دو قسمت تقسيم ميشود و نهايتا با تشكيل ديواره سلولي ياختة جديدي ايجاد مي گردد. اين رشد در شرايط مساعد بسيار سريع انجام ميشودبطوريكه يك پرتقال در مدت يكي دو روز ممكن است كاملا از مسيليوم سبز آبي كپك پني سيليوم پوشانده شود.

خصوصيات فيزيولوژيكي كپكها

1- رطوبت مورد نياز : كپك ها اغلب نسبت به مخمر ها و باكتريها به رطوبت كمتري احتياج دارند (aw =0/8) ميزان تقريبي رطوبت مواد غذايي مختلف براي اينكه كپكها بتوانند رشد كنند قابل تخمين است مثلاً در آرد يا بعضي ميوه هاي خشك شده اين ميزان حدود 14% است .

2- حرارت مورد نياز : بسياري از كپكها مزوفيل بوده و در دماي معمولي(30-25 درجه) به خوبي رشد مي كنند اما بعضي از آنها در دماهاي 37-30 درجه سانتيگراد و يا بالاتر به خوبي رشد مي كنند مثل گونه هاي آسپرژيلوس كه ترموفيل اند . برخي كپك ها نيز سرما دوست اند و به خوبي در دماي يخچال رشد مي كنند و برخي حتي در دماهاي انجماد به آرامي قادر به رشد هستند(تا 10 درجه زير صفر درجه سانتيگراد) .

3- اكسيژن : كپك ها هوازي بوده و نياز به اكسيژن دارند بنابراين مشاهده مي كنيم كه اغلب سطح مواد غذايي دچار كپك زدگي مي شود .

4- **pH** : کپك ها محدودة وسيعي از PH را تحمل مي كنند (pH =0-11) اما بيشتر كپك ها محيط اسيدي را ترجيح مي دهند .

5- **مواد مغذي مورد نياز** : با توجه به سيستم آنزيمي قوي و پيچيده كپكها ، آنها قادر به مصرف بسياري از مواد غذايي ساده تا پيچيده هستند (با توليد آنزيمهايي مثل سلولاز ، آميلاز ، پروتئاز ، ليپاز ، پكتيناز و ...)

6- **مواد بازدارندة رشد** : برخي از تركيبات قادر به جلوگيري از رشد كپك ها هستند و ممكن است آنها را بصورت عمدي در نگهداري برخي از مواد غذايي مورد استفاده قرار دهند مثل استات ها ، پروپيوناتها ، سورباتها ، بنزوآت ها, استرهاي پاراهيدروكسي بنزوئيك اسيد ، بي فينل و ... بعضي از اينها تركيبات كپك كش (Fungicidal) بوده و برخي از رشد آنها جلوگيري مي كند (Fungistatic, Mycostatic) .

البته خود كپك ها نيز قادرند عوامل بازدارنده مختلفي توليد كرده كه كاربردهاي زيادي دارند نظير پني سيلين كه توسط پني سيليوم نوتاتوم براي اولين بار توليد گرديد و البته در حال حاضر از پني سيليوم كريزوژنوم در بعد صنعتي جهت توليد آن استفاده مي كنند (راندمان توليد بالاتري دارد) ، و يا كلاويسين (Clavicin) كه توسط آسپژيلوس كلاواتوس توليد مي گردد .

كپك هاي مهم در مواد غذايي :

1- آلترناريا (**Alternaria**)

توليد ميسليوم با ديواره عرضي نموده، داراي كنيديوم و كنيديوفورهاي سياهرنگ است . كنيديوم به اشكال مختلفي ديده مي شود. آلترناريا باعث ايجاد فساد قهوه اي تا سياه (Black rot) در سيب ، انجير و برخي ميوه جات ديگر ميشود . همچنين فساد انتهاي ساقه (Stem-end rot) و فساد سياه در مركبات توسط گونه هاي مختلف اين جنس انجام ميشود. آلترناريا روي گندم و گوشت قرمز نيز مشاهده شده و برخي گونه هاي آن توليد مايكوتوكسين مي كنند.

2- آسپرژیلوس(Aspergillus)

هیف این کپك هاداراي دیواره عرضی بوده و کنیدیوفورهاي مستقیم ایجاد میکنند که به یك برجستگی گرز مانند ختم می شود کنیدي ها کروي و بصورت زنجیره اي و رنگي هستند. این کپك ها به رنگهاي زرد مایل به سبز تا سیاه در انواع مختلف غذاها دیده می شوند . باعث ایجاد فساد سیاه (Black rot) در هلو، مرکبات و انجیر می شود. کپك آسپرژیلوس گلوکوس (A.glaucus) داراي خاصیت اسموفیل بوده و در فساد مواد غذایي با قند بالا دخیل است. آسپرژیلوس نیگر (A. niger) که کپك سیاه نیز نامیده میشود روي انجیر ، خرما ، غوزة پنبه دیده میشود، از این کپك در تولید اسید سیتریك ، اسید گلوکونیك و آنزیم هاي مختلف استفاده میشود. در کشورهاي جنوب شرقي آسیا از گونه اي به نام A. oryzae در تهیه غذایي به نام Koji و از A.soyae در تهیه غذایي بنام Shogu استفاده میشود . از آسپرژیلوس اوریزه در تولید آنزیم α آمیلاز و از A. نیگر در تولید Bگالاکتوزیداز ، انورتاز ، لیپاز، پکتیناز و گلوکوآمیلاز استفاده میشود. برخي گونه هاي آسپرژیلوس تولید سم آفلاتوکسین نموده نظیر گونه هاي فلاووس، پارازیتیکوس و ترئوس و برخی تولید اکراتوکسین (Ochratoxin) یا استریگماتوسیستین (Sterigmatocystin) می کنند.

3-اوروبازیدیوم (Aureobasidium)

نام دیگر این کپك Pullularia بوده و در ابتدا کلني هاي مخمر شکل ایجاد میکنند . یکي از جنس هاي آن بنام Pullularia pullulans شایعترین گونة موجود در مواد غذایي است. در میگو یافت میشود . و در اثر نگهداري طولاني مدت گوشت گاو ایجاد نقاط سیاه رنگ می کند و در میوه جات و سبزیجات عمومیت دارد. (نقاط سیاه رنگ).

4-بوتریتیس (Botrytis)

کنیدیوفورهاي بلند ، استوانه اي و اغلب رنگي ایجاد می کنند . میسلیوم آن داراي دیوارة عرضي بوده و به رنگ دودي یا قهوه اي کثیف تا سیاه دیده مي شود. کنیدیوفور در انتها منشعب شده و در انتهاي آن کنیدي ها به تعداد زیاد وجود داشته و حالت خوشة انگور ایجاد کرده که رنگ سفید یا دودي دارند لذا به آن کپك دودي (Gray mold) نیز میگویند. بعضي گونه هاي جنس بوتریتیس ایجاد اسکلروتیوم می کنند. بوتریتس در میوه جات و سبزیجاتي نظیر انگور ، پیاز ، هویج مخصوصا در دما و رطوبت بالا رشد می کند.

5-يايسوكلامايس (Byssochlamys)

از گروه آسكوميست ها بوده و توليد آسك با 8 آسكوسپور مينمايد ، اين اسپورها مقاومت زيادي به حرارت دارند و در نتيجه ميتوانند باعث فساد در غذاهاي كنسروي با اسيديته بالا شود . اين كپك ميكروآئروفيل بوده و E_h پايين را بخوبي تحمل مي نمايد. برخي از گونه هاي آن توليد پكتيناز مي كنند. دو گونة B.Fulva , B.nivea در ميوه جات كنسروي مشكل ايجاد مي نمايند. B.fulva داراي انديس D بين 12-1 دقيقه در 90 درجه سانتي گراد و $z=6-7^{o}C$ ميباشد.

6-كلادوسپوريوم (Cladosporium)

هيف ديواره دار و كنيدي هاي منشعب ، سياه و در حال جوانه زدن از ويژگيهاي كپك است . رشد اين كپك در محيط كشت رنگ زيتوني تا سياه ايجاد مي كند . بعضي از كنيدي ها ليموئي شكل اند . C. .herbarum روي گوشت گاو منجمد ايجاد نقاط سياه رنگ (black spots) مي نمايد . برخي گونه ها باعث فساد كره و مارگارين شده و برخي ايجاد فساد سياه روي انگور مي كنند . اين جنس روي دانه هاي گندم و جو رشد مي كند (Field Fungi) . گونه C.herbarum و C.cladosporiodes روي ميوه جات و سبزيجات بيشتر از گونه هاي ديگر مشاهده مي شوند.

7-كلتوتريكوم (colletotrichum)

كنيديوفورهاي ساده و بلند داشته كه در انتها كنيدي ها قرا دارند . C..gloeosporioides از گونه هايي است كه در مواد غذايي ايجاد مخاطره كرده و عامل آنتراكنوز (Anthracnose) كه يك بيماري گياهي است مي باشد . اين كپك مخصوصاً در ميوه جات مناطق گرمسيري مثل مانگو و پاپايا ايجاد نقاط سياه و قهوه اي (آنتراكنوز) مي نمايد .

8-فوزاريوم (Fusarium)

هيف اين كپك داراي ديواره عرضي است .تودة پنبه اي شكل با نقاط ريز صورتي ، قرمز يا قهوه اي ايجاد مي كند . 2 نوع كنيدي بنام هاي ماكروكنيدي كه به شكل داس بوده و ميكرو كنيدي كه كروي يا تخم مرغي شكل است توليد مي كند . در مركبات و آناناس ايجاد Brown rot و در انجير ايجاد Soft rot مي كند.

9-ژئوتریکوم (Geotrichum)

قبلاً به نام Oidium lactic و Oospora lactis شناخته می شد . این کپک شبه مخمر معمولاً سفید رنگ است . هیف آن دیواره دار بوده و تولید مثل آن بوسیلة قطعه قطعه شدن هیف ها انجام می گیرد که تبدیل به آرتروسپورهاي مستطیلي شکل مي گردد . بعضي از گونه هاي این جنس قادر به تخمیر تعدادي از قندها هستند.ژئوتریکوم کاندیدوم که به Dairy mold معروف است در صنایع تخمیري مثل فراورده هاي لبني و فرآورده هاي تخمیري گیاهي ، اسید لاکتیك را تجزیه نموده و باعث فساد آنها مي گردد . همچنین این کپك به Machinery mold نیز شهرت دارد، چراکه در ماشین آلات صنایع غذایي مخصوصاً ماشین آلات تولید رب گوجه فرنگي مشاهده گردیده است . این کپك عامل ایجاد فساد ترش (Sour rot) در آب مرکبات و هلو است .

10-مونیلیا (Monilia)

نام دیگر این جنس نوروسپورا (Neurosopra) می باشد . مهم ترین گونة این جنس مونیلیا سیتوفیلا بوده که به کپك قرمز نان نیز معروف است . این قارچ در مراحل اولیه رشد تولید کلني هاي سفید رنگ کرده اما به تدریج کلني ها به رنگ صورتي یا قرمز تبدیل مي گردد . بر روي نان یا مواد غذایي مشابه که در محیطهاي نمناك نگهداري مي شوند این کپك بصورت پودر قرمز رنگي سطح محصول را می پوشاند . میسلیوم این قارچ داراي دیوارة عرضي بوده در مراحل پیري شکسته و تولید آرتروسپور می کند .همچنین روي ملاس نیشکر و غذاهاي دیگر نیز رشد میکند.

11-موکور (Mucor)

هیف بدون دیوارة عرضي داشته که تولیداسپورانژیوفور کرده و در انتهاي آن کلوملا (Columella) و اسپورانژیوم ایجاد شده است . در این جنس ریزوئید (Rhizoids) یا استولون (Stolon) تشکیل نمی شود . برخي گونه هاي آن روي گوشت گاو و منجمد ایجاد نقاط سیاه رنگ کرده و گاهاً فسادي بنام Whiskers ایجاد می نمایند . یکی از گونه هاي آن بنام موکور می ئی (Mucor miehei) در تجارت بعنوان عامل تولید مایه پنیر (پروتناز) مورد استفاده قرار می گیرد . این کپك همچنین تولید آنزیم لیپاز نیزمي نماید .

از گونه های دیگر موکور می توان به M.racemous, M.roxii و M.mucedo,M.Plumbeus اشاره کرد . موکور راسموس بخصوص روي میوه جات شیرین یافت می شود. در محیط هاي کشت مایع مواد قندي را تخمیر نموده و تا حدود 10 درصد الکل اتیلیك تولید مي نماید . از این گونه به همراه موکور روکسی ئی در تهیة غذاهاي جنوب شرقي آسیا استفاده می شود .موکورروکسي ئي در ساکاریفیکاسیون نشاسته و تهیه قند مورد استفاده قرار می گیرد.

12-پني سیلیوم (Penicillium)

این جنس بطور وسیعي در تمام نقاط پراکنده اند . این کپك ها بخصوص روي مرکبات ، میوه جات و مرباجات رشد و ایجاد میسلیوم به رنگ سبز و آبی می کند . اینگونه فساد به نام فسادهاي سبز و آبی نیز معروف است مثلاً پني سیلیوم ایتالیکوم (P.italicum) و پني سیلیوم دیجیتاتوم (P.digitatum) پاتوژن مرکبات بوده و پني سیلیوم اکسپانسوم (P.expansum) که عامل فساد سیب هاي انباري است . بعضي از پني سیلیوم ها قادر به تولید اسیدهاي آلي مثل سیتریك ، فوماریك ، اگزالیك و گلوکونیك اسید هستند . در تهیة آنتي بیوتیك و در تهیة پنیر هاي مختلف کاربرد دارد . برخي از جنس هاي آن تولید سمومي نظیر Yellow rice toxin, Rubratoxin B, Citrinin, Ochratoxin A و ... می نمایند.

13-ریزوپوس (Rhizopus)

شکل ظاهري ریزوپوس تا حدود زیادي شبیه جنس موکور است ، با این تفاوت که ریزوپوس ها در حین رشد و نمو ایجاد ریزوئیدهایي نموده و بهمین دلیل به آنها ریزوپوس می گویند . از محل رویش ریزوئیدها یا ریشك ها که عمل تغذیه را انجام مي دهند ، استولون ها رویش می کنند . استولون ها معمولاً منشعب نشده بصورت هیف هاي ضخیم در مدت کوتاهی در سطح محیط کشت رشد و باعث انتشار کپك می شود .

هیف هاي ریز و پوس بدون دیوارة عرضي است . ریزوپوس نیگریکانس (استولونیفر R.Stolonifer) عمومي ترین گونة آن در مواد غذایي است . و از آن به نام کپك نان (Bread mold) یاد می کنند. در حالت تکامل یافته این کپك به رنگ سیاه تندي مشاهده می شود بهمین علت به آنها کپك سیاه هم می گویند. از گونه اي بنام R.oligosporus در تهیة برخي غذاهاي جنوب شرق آسیا مثل Tempeh استفاده می شود. برخي گونه هاي ریزوپرس در تهیة الکل اتیلیك بکار می روند .

14-تامنيديوم (Thamnidium)

ميسليوم اين كپك فاقد ديوارة عرضي بود . و بر روي آنها اسپرانژيوفورها وجود دارد كه در رأس آنها اسپورانژيوم هاي نسبتاً بزرگي با اسپورانژيول هاي جانبي در ناحيه تحتاني اسپورانژيوفورها ايجاد مي گردد . از گونه هاي مهم اين جنس تامينديوم الگانس (T.elegans) است كه روي گوشت گاو منجمد پس از مدت طولاني نگهداري باعث فسادي بنام Whiskers شده و گوشت ريشه ريشه مي شود . در تخم مرغ هاي در حال فساد نيز ديده ميشود .

15-تريكوتسيوم (Trichothecium)

هيف با ديواره عرضي داشته و كنيديوفورهاي بلند ، راست ، غير منشعب كه به كنيدي هاي بزرگ كروي شكل (حاوي 2 سلول) ختم مي شود ، دارد . متداول ترين گونة اين جنس تريكوتسيوم روزئوم (T.roseum) بوده كه رنگ صورتي داشته و روي ميوه ميوه جاتي مثل سيب ، هلو و سبزيجاتي مثل خيار و طالبي رشد و باعث Soft rot مي گردد.

مخمر ها (Yeasts)

مخمر ها گروهي از قارچ ها هستند كه فرم رشد آنها بصورت تك سلولي است بر خلاف كپك ها كه بصورت زنجيره اي و چند سلولي هستند با اين حال اين تعريف خيلي دقيقي نيست چون برخي مخمر ها ايجاد مسيليوم يا هيف كرده كه اصطلاحاً به هيف كاذب (Pseudo hypha) معروف است . مخمر ها در مقايسه با باكتريها سلولهاي بزرگتري داشته كه به شكل تخم مرغي ،كروي،ليموئي،دراز،گلابي شكل و ... يافت مي شوند . معمولاً 8-5 ميكرون قطر داشته البته برخي بزرگتر از اين اندازه اند . مخمر هاي مسن تر اندازة كوچكتري دارند .

مخمر ها در محدودة نسبتاً وسيعي از pH و غلظت تا 18% اتانول قادر به رشدند . تعداد زيادي از آنها در غلظتهاي % 60-55 ساكارز رشد مي كنند . مخمرها رنگ هاي شيري تا صورتي و قرمز ايجاد مي كنند . آسكوسپور و آرتروسپور بعضي مخمرها كاملاً به حرارت مقاوم است (آرتروسپور توسط كپك هاي شبه مخمر ايجاد مي شود) .

مخمر ها كاربرد هاي مفيد زيادي دارند بعنوان مثال در تهية خمير نان ، توليد آبجو ، مشروبات الكلي ، برخي فرآورده هاي لبني و پروتئين تك ياخته (Scp) از مخمر ها استفاده مي شود از طرفي اين عوامل ميكروبي مي توانند موجب فساد برخي مواد غذايي مثل آب ميوه جات ، شربتها ، ملاس ، عسل ، گوشت و ... گردند .

خصوصيات فيزيولوژيك مخمر ها

1. **رطوبت مورد نياز:** مخمرها نسبت به كپك ها به رطوبت بيشتر و نسبت به باكتريها به رطوبت كمتري جهت رشد و نمو احتياج دارند . بين مخمرها نياز به رطوبت بسيار متفاوت است بطوريكه برخي در مرباجات و عسل نيز رشد كرده كه اصطلاحاً به آنها مخمرهاي اسموفيل Osmophile گويند (aw=0/62-0/65) ، اما بطور كلي رطوبت مورد نياز مخمرها 0/88-0/94 است.
2. **PH** : محدودة رشد مخمر ها در pH= 1/5-8/5 بوده و بهينة آن 4/5-5 است.
3. درجة حرارت : محدودة درجة حرارت براي بيشتر مخمر ها شبيه كپك ها است . دماي بهينة رشد 30-25 درجه و حداكثر دماي رشد 40-37 درجه سانتيگراد است. البته بعضي مخمرها در صفر درجه و حتي كمتر رشد مي كنند. براي از بين بردن مخمر ها دماي 58-52 درجه به مدت 5 تا 10 دقيقه كافي است ولي براي انهدام اسپور آنها ميبايست از دماي65-62 درجه به مدت چند دقيقه استفاده كرد.

4. **اکسیژن** : مخمرها اولین میکروارگانیسمهایی بودند که مشخص گردید بدون اکسیژن نیز رشد می کنند بطوریکه پاستور مشاهده کرد که مخمر در غیاب اکسیژن شکر را مصرف کرده و تولید الکل و آب می نماید . تولید مثل مخمر ها در حضور اکسیژن بسیار سریع تر از شرایط بی هوازي است بنابراین چنانچه هدف تولید بیومس (Biomass) باشد، نیازمند شرایط هوازي هستیم ولي چنانچه هدف تخمیري مواد قندي و تولید الکل باشد میبایست شرایط بی هوازي باشد.

مخمر هاي مهم در مواد غذایي

1- برتانوماسیس (Brettanomyces)

این مخمر هلالي شکل بوده و از گلوکز تحت شرایط هوازي ، اسید استیک تولید می کنند . یکی از شایعترین گونه هاي آن B.intermedius بوده که حتي در pH =1/8 نیز قادر به رشد ا ست . برتانومایسس باعث فساد آبجو ، شراب ، نوشیدنی هاي سبك و ترشیجات می شود . یکي از گونه هاي آن بنام B.lambicus در تخمیر هاي نهایي تولید آبجو اروپایي دخالت می کند .

2- کاندیدا (Candida)

مخمر تخم مرغي شکل ، کروي و یا مستطیلي است که فاقد تولید مثل جنسي میباشد.قادر به ایجاد هیف کاذب Pseudo hypha بوده و گونه هاي مختلف این جنس از جمله شایعترین مخمرها در گوشت چرخ کرده تازه و مرغ هستند و در میان گونه هاي مختلف C..Tropicalis از بقیه شایع تر است. بعضي از گونه هاي آن در تخمیر دانة کاکائو، بعنوان یکی از اجزاء دانه هاي کفیروخیلي از فرآورده هاي دیگر دخیل اند.C.Utilis از گونه هایي است که در علوفه رشد کرده و در تولید SCP مورد استفاده قرار می گیرد. C.Krusei گونه اي است که به همراه کشت آغاز گر در لبنیات استفاده شده و باعث افزایش طول عمر باکتریهاي لاکتیکي میشود. C.lipolitica گونه اي است که قادر به تجزیة چربي و ایجاد فساد در کره، روغن و مارگارین است.

3- دباریومایسس (Debaryomyces)

این مخمرهاي گرد یا تخم مرغي شکل آسکوسپورزا بوده و همچنین از طریق جوانه زدن چند قطبي نیز تولید مثل می کنند . گونه اي بنام دباریوماسیس کلوکري (D.kloeckeri) روي پنیر و سوسیس رشد می کند (در طبقه بندي جدید به آن D.hansenii می گویند) . این مخمر ها قادر به تحمل غلظت بالاي نمك طعام بوده بنابراین در آب پنیر با 24 درصد نمك طعام در سطح گوشتهاي عمل آوري شده یافت میشوند.

4- هانسنولا (Hansenulla)

مخمر هاي آسکوسپوززايي هستند که تخم مرغي شکل يا کروي هستند و اسپورهاي کلاهي شکل توليد گردد و توليد مثل آنها همچنين از طريق جوانه زدن نيز انجام مي شود . قدرت تخمير بالايي داشته و در انگور ، آب انگور ، کنسانترة ميوه جات و مرکبات يافت مي شوند در صنايع الکل سازي خسارات فراواني ايجاد مي کنند .

5- ميکودرما (mycoderma)

اين مخمر غير اسپورزا بوده و معمولاً در سطح آبجو ، آب نمك شورجات ، آبميوه ها ، سرکه و ساير فرآورده هاي مربوطه رشد کرده لاية ضخيمي بنام Pellicle ايجاد مي کنند. گونه اي بنام ميکودرما وي ني (M.vini) که به گل شراب(wine Flower) معروف است در سطح سرکه و شراب ديده مي شود.

6- رودوتورولا (Rhodotorolla)

اين مخمر اسپورزا نبوده و به طريقة جوانه زدن چند قطبي توليد مثل مي کنند . ايجاد لکه هاي رنگي روي سطح گوشت کرده و همچنين روي کلم تخمير شده نقاط صورتي ايجاد مينمايند .

7- ساکارومايسس (Saccharomyces)

مخمرهائيکه که از نظر بيوتکنولوژي حائز اهميت اند معمولاً در اين جنس قرار دارند . توليد مثل اين مخمرها به روش جوانه زدن چند قطبي و يا تشکيل آسکوسپور (1 تا 4 عدد در هر آسك) ميباشد . از گونه هاي مهم اين جنس ميتوان به ساکارومايسس سرويزيه (S. cerevisiae) اشاره کرد که در صنايع نانوايي الکل سازي ، توليد گلسيرول ، SCP و توليد انورتاز کاربرد دارد . بعضي سوش هاي آن Top yeast هستند . بطور کلي مخمر هاي سطحي (Top yeast) تخمير کننده هاي بسيار فعالي هستند که در دماي 20 درجه سانتيگراد رشد سريعي داشته، ايجاد توده کرده و سريعاً گاز CO_2 توليدمينمايند اين امر باعث بالا آمدن مخمرها به سطح گرديده لذا به آنها اين لقب را داده اند. در مقابل اين گروه مخمرهاي عمقي (Bottom yeast) وجود دارند که داراي رشد کندتري بوده و در دماي 10-15°C بهترين رشد را دارند، ضمن رشد و تکثير به هم نچسبيده و چون توليدCO_2به کندي انجام مي شود ، بنابراين سلولها

بیشتر تمایل دارند در محیط ته نشین گردند. یکی از واریته هایی که در صنعت الکل سازي راندمان خوبی دارد، ساکارومیسس سرویزبه زیرگونة الیپسوئیدوس (S.Cerevisiae ssp.ellipsoideus) میباشد. ساکارومیسس اواریوم (S.uvarum) و ساکارومیسس کارلبرجنسیس (S.Carlbergensis) مخمرهاي عمقی بوده و در تهیة آبجو بکار می روند ساکارومیسس فراژیلیس (S.Fragilis) و ساکارومیسس لاکتیس (S.lactis) بدلیل قدرت تخمیر لاکتوز در شیر و فرآورده هاي لبني اهمیت دارند. ساکارومیسس روکسی (S. .Roxii) و ساکارومیسس ملیس (S.Mellis) اسموفیل بود. در محلولهاي قندي حائز اهمیتند.

8- شیزو ساکارومیسس (Shizosaccharomyces)

تولید آسك حاوي 4 تا 8 اسپور کرده و در صورت تولید مثل غیر جنسی به طریقه دو تا شدن تکثیر می یابد. در میوه هاي مناطق گرمسیري، ملاس ، خاك ، عسل یافت می شود. شیز وساکارومیسس پمبه یکی از گونه هاي متداول آن است (S.Pombe).

9- تورولوپسیس (Torulopsis)

مخمري کروي شکل که اسپور تولید نکرده و با جوانه زدن چند قطبي تکثیر می یابد. با تخمیر لاکتوز باعث فساد فرآورده هاي شیري می شود. برخی گونه هاي آن باعث فساد شیر کندانسة شیریني کنسانترة آب میوه ها و غذاهاي اسیدي میگردد. این مخمر در بسیاري از مواد غذایی منجمد دیده شده است.

10- تریکوسپورون (Trichosporon)

این مخمر بطریقة جوانه زدن و آرتروسپور تکثیر می یابد. مهم ترین گونه آن تریکوسپورون و ریبل (T.Variable) بوده که از نان جدا گردیده است و معروف به سفیدك نان است (ایجاد نقاط سفید رنگ) و به میزان قابل توجهی آمیلاز تولید می کند. گونه دیگري به نام تریکوسپورون پولولانس (T..Pullulanse) وجود دارد که به علت لایه سفید رنگ ایجاد شده توسط آن بر روي شیرة درختان، در اصطلاح از ترشح شیر توسط درختان صحبت میکنند. این مخمرها سرما دوست هستند. و در مواد غذایی نگهداري شده در یخچال رشد می کنند.

11- کلوکرا (Koleckra)

مخمرهاي لیموئی شکل هستند که روي میوه جات با درصد مواد قندي بالا مشاهده شده اند. معمول ترین گونة آن کلوکرا اپیکولتا (K.apiculata) بوده که روي میوه ها ، گلها و خاك مشاهده میشود. در صنعت آبجو و شراب سازي باعث تیرگی محصولات میشود.

12- پیچیا (Pichia)

مخمرهاي تخم مرغي شكل كه ممكن است ميسيليوم كاذب ايجاد كرده و توليد آسكوسپور كلاهي شكل به تعداد 1-4 عدد در هر آسك كرده، اين مخمرها ايجاد غشاء نازكي روي مايعات مي نمايد بعنوان مثال پيچيامبرانافاسينس (P.Membranaefaciens) ايجاد غشاء نازكي روي آبجو مي كند.

13- زيگوساكارو ميسس (Zigosaccharomyces)

به علت توانايي رشد در غلظتهاي بالاي قند، اين مخمرها به نام مخمرهاي اسموفيل معروفند. باعث فساد عسل، شربت ها و ملاس مي شود. از جمله گونه هاي آن زيگوساكارو ميسس نيوس بيومري (Z.Nusbaumeri) بوده كه در عسل مشاهده ميشود.

14- هانسنيوسپورا (Hanseniaspora)

مخمرهاي ليموئي شكل بوده كه در انواع آبميوه ها رشد مي كنند.

گروههاي مخمري

1- مخمرهاي سطحي كه در جنس هاي پيچيا ، هانسنولا ، دباريومايسس، كانديدا و تريكوسپورون قرار دارند در سطح فرآورده هاي اسيدي مثل كلم برگ تخميري و خيارشور رشد مي كنند. اين مخمرها اسيدهاي آلي را اكسيده كرد. و در نتيجه شرايط را براي ميكروارگانيسم هاي با قدرت تحمل كمتر اسيد فراهم ميآورند و اين امر موجب فساد ميشود. هانسنولا و پيچيا غلظت بالاي الكل را تحمل كرده بنابراين در شراب ها مشكل ساز هستند. دباريوماسيس غلظت بالاي نمك را تحمل كرده بنابراين روي آب نمك هاي غليظ (24% نمك) كه براي نگهداري پنير استفاده مي شود ، رشد مي كند. مخمرهاي سطحي قادر به توليد الكل از قند نيستند.

2- مخمرهاي ليموئي شكل در جنس هاي كلوكرا ، نادسونيا، هانسنيوسيورا وجود دارند و در تخمير هاي شراب مزاحمت ايجاد مي كند، چرا كه اسيدهاي فرار زياد و عطر و طعم هاي نامطلوب ايجاد كرده و راندمان الكل سازي پايين دارند.

3- مخمرهاي اسموفيل در محيط هاي حاوي غلظتهاي بالاي قند ، نمك و ساير مواد حل شونده كه فشار اسمزي بالايي ايجاد كنند، به خوبي رشد كرده و موجب فساد آب ميوه ها ، عسل، شربت ها و كنسانترة آب ميوه ها و ... ميشوند.

4- مخمرهاي تحمل كننده نمك در آب نمك رشد كرده و در اين ميان دباريو مايسس مقاومترين آنها ميباشد. ساكارو ميسس روكسي ئي نيز به صورت لايه اي روي آب نمك رشد ميكند . مخمرهاي جنس تورولوپسيس و برتانومايسس نيز روي آب نمك رشد ميكنند.