

# Vláknité mikroskopické houby (plísně), mykotoxiny a zdraví člověka

*Michel de Montaigne: Dobrá výchova je schopna změnit úsudek a zvyky*

MVDr. Vladimír Ostrý, CSc.



Státní zdravotní ústav  
1998

**Vláknité mikroskopické houby (plísně),  
mykotoxiny  
a zdraví člověka**

MVDr. Vladimír Ostrý, CSc.



Státní zdravotní ústav  
1998

© Vladimír Ostrý, 1998  
© Státní zdravotní ústav, 1998  
ISBN 80-7071-102-7

## Obsah

	str.
Úvod .....	5
1. část určená pro odborné pracovníky z oblasti mikrobiologie Vláknnité mikroskopické houby .....	6
2. část určená zejména pro lékaře a zdravotnické pracovníky Negativní význam vláknitých mikroskopických hub .....	12
Závěr .....	20

Lidstvo se od prvopočátků své existence setkává s řadou různých organismů a mikroorganismů, které ho provázejí ve všech etapách vývoje. Časem se staly neoddelitelnou součástí jeho života, protože jim soužití s člověkem umožnilo zabezpečení zdroje jejich výživy. Člověk se však před nimi musel často bránit. Vedle parazitujícího hmyzu, hlodavců a drobných obratlovců to byly i bakterie, řasy a mikroskopické houby.

Mikroskopické houby jsou ubiquitárně rozšířené po celém světě. Jejich stáří se odhaduje na 300 miliónů let a lidstvo se s nimi setkává od nepaměti. Díky svému enzymatickému vybavení jsou velmi adaptabilní pro kontaminaci téměř jakéhokoliv substrátu. Velká morfologická rozmanitost a schopnost přizpůsobit se nejrůznějším ekologickým podmínkám umožňuje houbám osídlit řadu rozdílných biotopů. V životním prostředí jsou spóry mikroskopických hub přítomny v ovzduší, půdě, vodě, na povrchu živých a odumřelých organismů, předmětech, plochách, v potravinových surovinách rostlinného původu, potravinách i krmivech.

S mikroskopickými houbami, které jsou většinou pouhým okem nerozlišitelné, se mohl člověk seznámit až s objevem mikroskopu a rozvojem mikroskopických metod pro jejich sledování. Vědci si v té době všímali nejen mikroskopických hub, které způsobovaly choroby rostlin (např. padlí, sněti, rzi, plíseň bramborová apod.), ale i mikroskopických hub, fermentujících rozličné substráty.

Zažitý český název pro vláknité mikroskopické houby - „plísně“ - má ekvivalenty v anglickém jazyce - moulds - a v německém - Die Schimmelpilze. Zavedl ho botanik Presl v pol. 19. stol. u plísně hlavičkové (*Mucor* spp.). Je používán zejména v širší veřejnosti a v oborech aplikované mykologie a mikrobiologie.

V životním a pracovním prostředí člověka se v posledních letech stále více objevuje škodlivé působení mikroskopických hub. Je dáno zejména vhodnými podmínkami, které v současné době mikroskopické houby mají pro svůj růst, rozmnožování a produkci mykotoxinů. Zvýšený výskyt jejich spor či fragmentů houbových vláken v ovzduší závisí mimo jiné na klimatických podmínkách, které jsou zvláště na jaře a na podzim příznivější. Vlivem narušeného životního prostředí dochází k posunu biologické rovnováhy směrem ke zvýšenému výskytu mikroskopických hub. Problémy z hlediska výskytu mikroskopických hub v pracovním a životním prostředí mohou přinášet i nově zaváděné technologie (např. kovatěs a těsnění oken ve spojení s nedostatečným větráním, špatně provedené zateplování budov) a chování člověka (nepravidelné větrání, vynášení odpadků, odstraňování organických zbytků a zaplísňených potravin, nepravidelné odmrazování, mytí a dezinfekce chladniček a mrazniček, kapající kohoutky ústředního topení, nepravidelný úklid, nedostatečná očista prostředí, používání nevhodných dezinfekčních prostředků v domácnosti).

# 1. část určená pro odborné pracovníky z oblasti mikrobiologie

## Vláknité mikroskopické houby

### Charakteristika a systematika (zařazení) vláknitých mikroskopických hub

**Vláknité mikroskopické houby (mikromycety, plísně)** jsou vícebuněčné mikroorganismy, které jsou zařazeny do samostatné říše hub. Vždy tomu tak nebylo. Systematik Charles Linné ve svém díle Systematika přírody popsal 95 druhů hub. Neuměl je však klasifikovat a tehdy napsal: „*Fungorum ordo chaos est - řád hub je chaotický*“. Houby zařadil do rostlinné říše a umístil je v poslední 24. třídě svého systému, ve kterém sdružil pod názvem „tajnosnubné“ všechny rostliny, které nemají květy, tzn. rostliny vytvářející výtrusy. Proto se ještě dnes ve fytopatologické a farmakologické odborné literatuře o houbách hovoří jako o stélkatých rostlinách, které nemají plastidy a jsou heterotrofní.

Whittaker (1969) vytvořil novou klasifikaci živých organismů, kterou dále modifikovaly jeho pokračovatelky Margullisová a Schwartzová (1988). Klasifikace živých organismů se v současné době skládá z 5 říší:

1. říše **MONERA** (sem patří např. bakterie a sinice)
2. říše **PROTISTA** (sem patří např. řasy a prvoci)
3. říše **HOUBY**
4. říše **ROSTLINY**
5. říše **ŽIVOČICHOVÉ**

Houby jsou vyděleny z říše rostlin, kam je zařadil Linné a tvoří samostatnou říši. Mikroskopické houby můžeme na základě současných poznatků definovat jako organismy:

- eukaryontní (mají pravé jádro buněčné),
- pokročile heterotrofní,
- saprofytické a parazitické,
- dekompozitoři (destruenti) organické hmoty,
- vázané na prostorově určité místo,
- žijící většinou v suchozemském prostředí,
- mající buněčnou stěnu, vakuoly, tukové kapénky, mitochondrie, endoplazmatické reticulum, Golgiho aparát a jádro s jadérkem,
- nemající lysozomy.

Houby v nejširším slova smyslu (včetně hlenek) představují netaxonomickou, polyfyletickou ale praktickou skupinu (**tab. 1**).

**Tab. 1 Taxonomické členění hub**

Říše: Houby

oddělení: MYXOMYCOTA (hlenky)

oddělení: CHYTRIDIOMYCOTA

oddělení: HYPOCHYTRIDIOMYCOTA

oddělení: OOMYCOTA (řasohouby)

oddělení: EUMYCOTA

třída: ZYGOMYCETES

třída: TRICHOMYCETES

třída: ENDOMYCETES

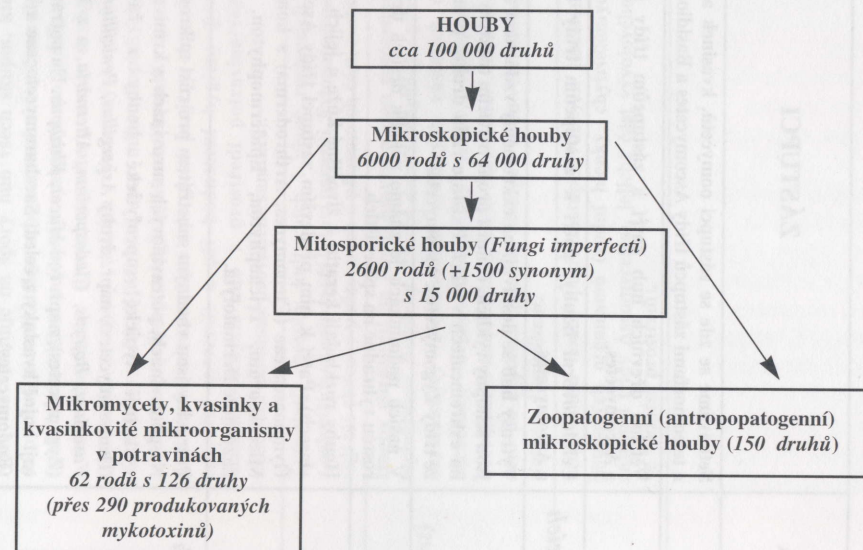
třída: ASCOMYCETES

třída: BASIDIOMYCETES

## Pomocná třída: DEUTEROMYCETES (Mitosporické houby - *Fungi imperfecti*)

Mikroskopické houby dělíme z praktického hlediska na vláknité mikroskopické houby (dále **mikromycety**), kvasinky a kvasinkovité (yeast like) mikroorganismy. Kvantitativní výskyt mikroskopických hub v životním prostředí a potravinách je zobrazen na **obr. 1**.

**Obr. 1 Kvantitativní výskyt mikroskopických hub v životním prostředí a potravinách**



Systematika hub je značně složitá, jedná se o heterogenní skupinu, nejen z hlediska fylogenetického a taxonomického, ale i po stránce morfologie a ekologických nároků.

### Ekologie

Velká morfologická rozmanitost a schopnost hub přizpůsobit se nejrůznějším ekologickým podmínkám umožňuje jejich výskyt prakticky všude tam, kde existuje organická hmota. To umožňuje mikroskopickým houbám osídlit řadu rozdílných biotopů. Základní ekologické skupiny mikroskopických hub jsou znázorněny v **tab. 2**.

### Morfologie

Základem těla mikromycetů je vegetativní vláknitý útvar - **stélka (thallus)**. Houbové vlákno se nazývá **hyfa**. Hyfy jsou **coenocytické** (mnohojaderný protoplast není rozlišen v jednotlivé buňky) - zástupci třídy Zygomycetes - nebo jsou **rozděleny septy** (příčnými přehrádkami) - zástupci třídy Ascomycetes, Basidiomycetes, Deuteromycetes. Soubor hyf se nazývá **mycelium**. Spleť rozvětvených hyf tvoří **kolonii**. Zbarvení povrchu a spodiny kolonie je různorodé (bílé, krémové, hnědé, černé, šedé, zelené, modré, žluté, fialové) a je způsobeno pigmenty, které zbarvují povrchovou membránu a spóry. Některé pigmenty mohou difundovat do okolní živné půdy.

Tab. 2 Základní ekologické skupiny mikroskopických hub

SKUPINA	PODSKUPINA	ZÁSTUPCI
Půdní	-	Setkáváme se zde se zástupci oomycetů, kvasinek a s anamorfami a teleomorfy zástupců třídy Ascomycetes a Basidiomycetes.
Na rostlinných zbytcích	<i>Dřevní</i>	Většina dřevních hub patří k zástupcům třídy Basidiomycetes a Ascomycetes.
	<i>Na bylinných zbytcích</i>	Celulozovorní houby, patří k zástupcům třídy Basidiomycetes a Ascomycetes.
Se zvláštními ekologickými nároky	<i>Koprofilní</i>	Výtrusy hub se dostávají na exkrementy vzduchem a pouze na nich jsou schopny vyklíčit, či musí projít trávicím traktem živočichů a pak na exkrementech vyklíčí. Existuje řada druhů, především zástupci ze třídy Zygomycetes, Ascomycetes.
	<i>Anthrakofilní</i>	V našich podmínkách je známo několik desítek druhů hub, které rostou výhradně na spáleništích.
	<i>Keratofilní</i>	Houby rozkládají keratin z živočišné kůže a jejích derivátů (např. vlasech). Patří k nim především zástupci třídy Ascomycetes čeledi Gymnoascaceae (Ctenomyces, Arthroderma) s konidiálními stadii Microsporum, Trichophyton, Epidermophyton, jež souhrnně nazýváme Dermatofyta.
	<i>Na potravinách</i>	Potraviny jsou vhodným substrátem pro růst mikroskopických hub. Na potravinách, potravinových surovinách a krmivech se nejčastěji vyskytují typické saprofytické houby z řádu Moniliales (Deuteromycetes), např. druhy <i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Paecilomyces</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Botrytis</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Alternaria</i> , a z řádu Mucorales (Zygomycetes), např. rod <i>Mucor</i> , <i>Rhizopus</i> . Na potravinách se vyskytují hojně kvasinky z čeledi Saccharomycetaceae a Torulopsidaceae (Endomycetes).

	<i>Vzdušné</i>	Název se vztahuje na spory hub všech skupin, které se dostávají do ovzduší a tvoří stálou nebo sezonně ovlivněnou složku aeroplanktonu. V ovzduší se nejčastěji vyskytují spory mikroskopických hub z řádu Moniliales (Deuteromycetes), např. druhy <i>Cladosporium</i> , <i>Alternaria</i> , a spory dalších významných druhů - rzi, snětí (Basidiomycetes). Zjišťování spor mikroskopických hub v ovzduší je důležité pro fytopatologii (zjišťování kvantity spor fytopatogenních druhů), ve zdravotnictví (alergické projevy obyvatelstva po jejich expozici spórami) a při hodnocení hygieny prostředí (výskyt mikroskopických hub v prostředí potravinářského provozu a sledování účinnosti prováděné sanitace).
Parazitické	<i>Fytopatogenní</i>	Způsobují choroby kulturních i planě rostoucích rostlin. Jednu z největších skupin tvoří listoví paraziti. Fytopatogenní houby vyvolávají též choroby podzemních a přizemních částí rostliny.
	<i>Zoopatogenní (antropatogenní)</i>	Houby parazitují na živém hmyzu a jsou patogenní pro člověka a teplokrevné živočichy. Působí dermatomykózy - převážně působené dermatofyty (anamorfami některých zástupců čeledi Gymnoascaceae), orgánové mykózy (např. <i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Coccidioides immitis</i> , <i>Histoplasma capsulatum</i> ), dále alergická onemocnění po expozici spórami zástupců rodu <i>Alternaria</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Botrytis</i> , <i>Penicillium</i> .
Žijící ve vodě	-	Mezi vodní houby patří zástupci různých taxonomických skupin houbových organismů (vodní hlenky, chytridiomycety, oomycety, zástupci třídy Ascomycetes), jejichž část vývojového cyklu probíhá ve vodním prostředí.

### Dimorfismus a polymorfismus

U mikroskopických hub se vyskytuje **dimorfismus** - např. rod *Mucor* se za přístupu vzduchu vyskytuje ve formě vláknité a při zaplynování CO<sub>2</sub> na Petriho misce ve formě kvasinkové. Kvasinková forma je typická pro patogenní mikroskopické houby. U mikroskopických hub se vyskytuje také **polymorfismus**, kdy se podle způsobu rozmnožování rozlišuje u mikroskopických hub několik forem: forma pohlavní - teleomorfa (T) - a forma nepohlavní - anamorfa (A). Každá forma má svůj název. Např. *Byssochlamys fulva* (T) - *Peecilomyces fulvus* (A), *Neosartorya fisheri* (T) - *Aspergillus fisheri* (A).

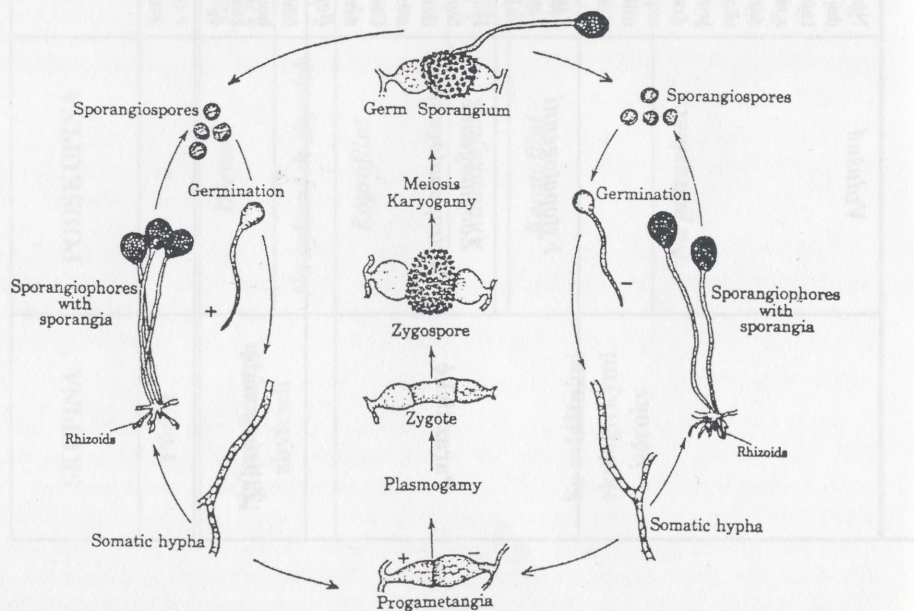
### Rozmnožování

Rozmnožování mikromycetů je sexuální (pohlavní) a asexuální (nepohlavní). Rozmnožovací struktury jsou odlišné od somatických struktur. Rozmnožování je umožněno specializovanými orgány.

### Sexuální rozmnožování

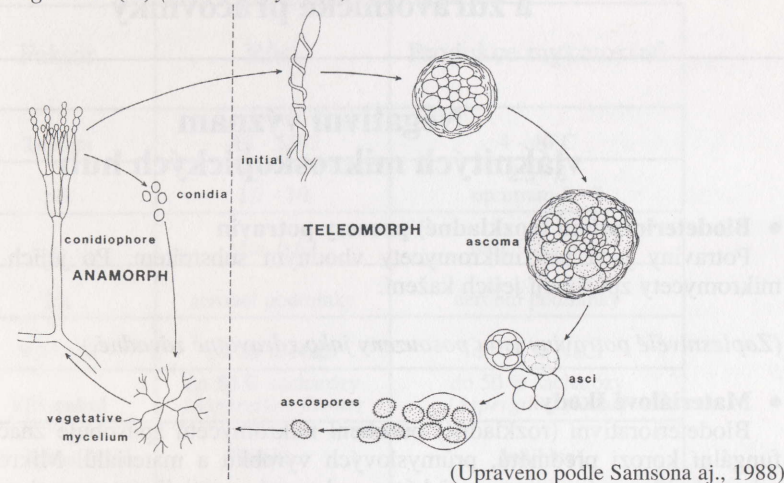
Dochází ke splývání vláken pohlavního ladění (+) a (-) za vzniku zygoty a zygospóry (Zygomycetes) - viz obr. 2 - nebo dikaryonu, který vzniká tak, že dvě spóry rozdílného pohlaví vytvoří pohlavní vlákna (např. anteridium a ascogonium u *Ascomycetes*), která splynou - viz obr. 3. Z nich se vytvoří např. ascus s 1 - 8 ascospórami (Ascomycetes) nebo basidium se 4 basidiospórami (Basidiomycetes).

Obr. 2 Životní cyklus mikromycety *Rhizopus stolonifer* (Zygomycetes)



(Upraveno podle Gamse aj., 1988)

Obr. 3 Životní cyklus mikromycety *Talaromyces flavus* (T) (*Ascomycetes*)-  
*Penicillium dangeardii* (A) (*Deuteromycetes*)



(Upraveno podle Samsona aj., 1988)

### Asexuální rozmnožování

Dochází k růstu fragmentů stélky (thallu) a spór různých tvarů a velikostí (Deuteromycetes - mitosporické houby).

Nepohlavní spóry dělíme na exospóry a endospóry.

**Exospóry:** konidiospóry - viz obr. 3 - (např. *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp.), chlamydospóry (*Fusarium* spp., *Candida albicans*), arthrospóry (*Geotrichum* spp.).  
**Endospóry:** sporangiospóry - viz obr. 2 - (např. *Mucor* spp.).

### Mykologie potravin

Na počátku 19. stol. vznikl samostatně vědní obor o houbách - **mykologie**, který se zabýval stavbou, růstem, rozmnožováním, úlohou a místem hub v přírodě.

Po skončení 2. světové války se koncipuje nový obor **mykologie potravin**.

Významnými mezníky oboru se staly:

- **objev antibiotik a rozvoj biotechnologií** využívajících mikroskopické houby k produkci léčiv, organických kyselin, enzymů, plísňových sýrů apod.,
- **studium mykotoxinů** - sekundárních metabolitů mikroskopických hub.

Obsah, náplň a koncepce mykologie potravin byla poprvé vyjádřena v knize *Food and Beverage Mycology* od Beuchata a kol. z roku 1979. Mykologie potravin je definována jako „studium interakcí mezi potravinou a mikroskopickými houbami, které mohou vést k fermentačním pochodům, rozkladným procesům a produkci mykotoxinů“. Pitt (1984) definuje mykologii potravin jako „přirozeně se vyskytující interakce mikroskopických hub s potravinou nebo krmivem vedoucím ke kontaminaci, rozkladným procesům nebo produkci mykotoxinů“.

V rámci Mezinárodní unie mikrobiologických společností (**IUMS**) byla vytvořena **Mezinárodní komise mykologie potravin (ICFM)** a v rámci uvedené komise **Subkomise pro studium mykotoxinogenních hub**.

## 2. část určená zejména pro lékaře a zdravotnické pracovníky

### Negativní význam vláknitých mikroskopických hub

#### • Biodeteriorativní (rozkladné) procesy potravin

Potraviny jsou pro mikromycety vhodným substrátem. Po jejich kontaminaci mikromycety způsobují jejich kažení.

(Zaplesnivělé potraviny jsou posouzeny jako zdravotně závadné.)

#### • Materiálové škody

Biodeteriorativní (rozkladné) působení mikromycetů způsobuje značné ztráty při fungální korozi předmětů, průmyslových výrobků a materiálů. Mikromycety jsou schopné díky svému enzymatickému vybavení oproti jiným organismům využívat k výživě a růstu rozmanité substráty a materiály (např. nábytek, podlahové krytiny, omítky, zdivo, dlaždice znečištěné organickými zbytky apod.).

(A jednu zajímavost nakonec: biodeteriorativní aktivita mikromycetů *Scopulariopsis brevicaulis* je údajně dávana do souvislosti s úmrtím Napoleona Bonaparta. Vzhledem k vysoké teplotě a relativní vlhkosti na ostrově Svatá Helena, kde byl Napoleon internován, mikromycety *Scopulariopsis brevicaulis* osídlily stěny s gobelíny a koberci v pokojích, které obýval. Metabolizací zelených barviv z gobelínů vznikly volatilní (těkavé) sloučeniny arzenu, kterým měl být Napoleon údajně dlouhodobě exponován a které způsobily jeho otravu a následnou smrt.)

#### • Snížení biologické hodnoty potravin

Mikromycety využívají po kontaminaci potravin některé složky, např. vitamíny, minerální, další živiny. Dochází ke snížení jejich obsahu v potravinách a tím i ke snížení biologické hodnoty potravin.

(Mikromycety, které kontaminují obiloviny, využívají např. gluten /lepek/. Po umletí obilovin na mouku dochází ke zhoršení kvality získané mouky a následně i z ní vyrobeného chleba.

Při nadměrné kontaminaci mikromycety surovin rostlinného původu, používaných na výrobu léčivých čajů, může docházet ke změnám v obsahu a ve vzájemném poměru biologicky účinných látek v surovině.)

#### • Toxinogenní mikromycety

Toxinogenní mikromycety jsou mikroorganismy, které mají schopnost produkovat mykotoxiny V tab. 3 jsou znázorněny obecné charakteristiky pro růst mikromycetů a produkci mykotoxinů v potravinách.

Tab. 3 Obecné charakteristiky pro růst mikromycetů a produkci mykotoxinů v potravinách

Faktor	Růst	Produkce mykotoxinů
Teplota	-12 - 55°C	4 - 40°C
pH	1,7 - 10	2,5 - 8 optimum 5 - 7
a <sub>w</sub>	Min. 0,62	min. 0,8 - 0,85
Eh	aerobní podmínky	aerobní podmínky
Vliv solí	do 20 % NaCl	do 14 % NaCl
Vliv cukrů	do 50 % sacharózy ( <i>Aspergillus flavus</i> )	do 50 % sacharózy ( <i>Aspergillus flavus</i> )
Vliv fytoalexinů	Inhibice	Inhibice
Vliv látek v koření	Inhibice (eugenol, anetol, tymol)	Inhibice (eugenol, anetol, tymol)
Vliv jiných mikromycetů	?	Inhibice (výskyt <i>Aspergillus sk. niger</i> )
Infekce viry	?	Inhibice (RNA mykoviry)

Toxinogenní mikromycety a jejich metabolické produkty mykotoxiny patří k významným faktorům, které mohou ovlivnit v negativním smyslu zdraví člověka. Významná je i schopnost toxinogenních mikromycetů produkovat v potravinách a krmivech mykotoxiny (sekundární metabolity), které mohou vyvolat mykotoxikózu (afلاتoxikózu, ochratoxikózu, fuzáriové mykotoxikózy apod.) poškozující zdraví člověka a hospodářských zvířat.

Zástupci několika rodů toxinogenních mikromycetů mohou produkovat stejný mykotoxin.

(Např. mykotoxin ochratoxin A mohou produkovat *Aspergillus ochraceus*, *A. melleus*, *A. petrakii*, *A. sclerotiorum*, *A. fresenii*, *P. verrucosum chemotyp I a II.*, *Petromyces alliacea*.)

Ne všechny kmeny mikromycetů jsou toxinogenní. Jestliže byla u některého kmene určitého druhu mikromycetů dříve zjištěna produkce určitého mykotoxinu, je možné považovat všechny kmeny tohoto druhu za potenciálně toxinogenní, tj. schopné produkovat určitý mykotoxin.

Toxinogenní mikromycety mohou produkovat jeden i více mykotoxinů.



(Některé kmeny *Aspergillus flavus* mohou produkovat současně dva mykotoxiny, aflatoxiny a kyselinu cyklopiazonovou.)

Záchyt toxinogenních mikromycetů v potravinách ještě neznamená i přítomnost mykotoxinů v potravinách.

(Záleží to zejména na typu potraviny, způsobu jejího uchování a přítomnosti mikrobiálních překážek, např. konzervačních látek.)

Toxinogenní mikromycety jsou díky svému enzymatickému vybavení velmi adaptabilní pro kontaminaci téměř jakéhokoliv substrátu a jsou rozšířeny po celém světě. Velká morfologická rozmanitost a schopnost přizpůsobit se nejrůznějším ekologickým podmínkám jim umožňuje osídlit řadu rozdílných biotopů, tedy i prostředí domácnosti - zejména kuchyně, spíže a následně pak i potravin. Potraviny se tak stávají vhodným substrátem pro osídlení, růst a rozmnožování toxinogenních mikromycetů a následně produkci mykotoxinů.

(Toxinogenní mikromycety mohou potraviny kontaminovat /osídlit/ primárně, při kontaminaci potravinových surovin v zemědělské prvovýrobě či potravinářské výrobě, a sekundárně, kdy kontaminují potraviny a pokrmy v domácnostech. V „zaplátněných“ prostorách existuje zvýšené nebezpečí sekundární kontaminace potravin mikroskopickými houbami a následně mykotoxiny.)

Tab. 4 Členění mykotoxinů podle toxických účinků

TOXICKÝ ÚČINEK	ZÁSTUPCE
Hepatotoxiny	Aflatoxiny, luteoskyrin, sterigmatocystin
Nefrotoxiny	Citrinin, ochratoxin A
Toxiny GIT (gastrointestinálního traktu)	Trichoheceny
Neurotoxiny	Penitrem A, fumitremorgeny, verruculogeny, fumonisiny
Dermatotoxiny	Trichoheceny, psolareny, verrucariny, sporidesminy
Estrogeny	Zearalenon
Imunotoxiny	Aflatoxiny, ochratoxin A, trichoheceny, patulin, gliotoxin, sporidesmin
Hematotoxiny	Aflatoxiny, ochratoxin A, zearalenon, trichoheceny
Genotoxiny	Aflatoxiny, sterigmatocystin, ochratoxin A, citrinin, zearalenon, patulin, trichoheceny, fumonisiny, fusarin C, griseofulvin

(Upraveno podle Dirheimera, 1998; Shiera, 1998; Parent-Massinové aj.; 1998, Oswald a aj., 1998)

Tab. 5 Členění mykotoxinů podle způsobu jejich biosyntézy

KATEGORIE BIOSYNTÉZY	ZÁSTUPCE
<b>Polyketidy</b>	
Di-	Moniliformin (?)
Tetra-	Patulin, kyselina penicillová
Penta-	Citrinin, Ochratoxin
Hexa-	Maltoryzin
Hepta-	Rugulosin, viriditoxin, xanthomegnin
Octa-	Luteoskyrin
Nona-	Citreoviridin, fumonisiny, zearalenon
Deca-	Aflatoxiny, erythroskyrin
<b>Tetramická kyselina</b>	Kyselina cyklopiazonová, kyselina tenuazonová
<b>Diketopiperaziny</b>	
Jednoduché	Kyselina aspergilová, echinuliny
Modifikované	Brevianamidy, fumitremorgeny, roquefortin
<b>Peptidy</b>	Ergotamin, phomopsiny, rhizonin
<b>Terpeny</b>	
Mono-	Viridicatumtoxin
Sesqui-	Trichoheceny
Di-	Aflatrem, lolitremy, paspalin, penitremy

(podle Steyna, 1998)

### • Mykotoxiny

Charakteristika mykotoxinů

Mykotoxiny, sekundární metabolity mikromycetů, patří mezi významné naturální (přírodní) toxiny v potravinách. V současné době je známo přes 290 mykotoxinů. I nadále jsou objevovány a chemicky charakterizovány další a další mykotoxiny. Mykotoxiny je možno rozdělit podle celé řady kritérií. V poslední době se používá členění mykotoxinů podle jejich toxicity k cílovým orgánům. Dále je možno mykotoxiny členit i podle způsobu jejich biosyntézy, který velmi dobře postihuje vztah k jejich producentovi a respektuje i vztahy dané jejich chemickou strukturou (tab. 4 a 5).

Toxikologie mykotoxinů

Mykotoxiny mohou způsobovat řadu onemocnění a mykotoxikóz u člověka a hospodářských zvířat (tab. 6).

**Tab. 6 Významná akutní a chronická onemocnění lidí spojená s mykotoxiny**

ONEMOCNĚNÍ	MYKOTOXIN
Acute DON toxicosis (akutní DON toxikóza)	Fusariový mykotoxin - deoxynivalenol
Aflatoxicosis (aflatoxikóza)	aflatoxiny
Alimentary toxic aleukia (alimentární toxická aleukie)	Fusariové mykotoxiny - trichotheceny
Balkan nephropathy (balkánská endemická nefropatie)	ochratoxin A a další mykotoxiny
Cardiac beri-beri (akutní kardiální beri-beri)	citreoviridin
Ergotism (ergotismus)	Ergot alkaloidy
Kwashiorkor (kwashiorkor)	aflatoxiny
Onyalaí disease (onemocnění onyalaí)	tenuazonová kyselina, moniliformin
Oesophageal cancer (rakovina jícnu)	Fusariové mykotoxiny - fumonisiny
Primary liver cancer (primární jaterní karcinom)	aflatoxiny
Red mold poisoning (otrava červenou plísní)	Fusariový mykotoxin - deoxynivalenol
Renal tumors (nádory ledvin)	ochratoxin A
Reye's Syndrome (Reyův syndrom)	aflatoxiny
Stachybotryotoxicosis (stachybotryotoxikóza)	Fusariové mykotoxiny - trichotheceny
Yellow rice disease (onemocnění ze žluté rýže)	luteoskyrin, citrinin, citreoviridin, rugulosin aj.

Na základě zjištěných výsledků je u nás riziko akutního toxického účinku mykotoxinů obvykle považováno za minimální. Za významné se považují **imunopresivní účinky** (snížení obranyschopnosti organismu a náchylnost k řadě onemocnění) a **riziko pozdních toxických účinků** (zejména karcinogenní riziko a vývojová toxicita) po příjmu velmi nízkých jednorázových nebo opakovaných koncentrací mykotoxinů v potravinách. Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (IARC/WHO) kategorizuje mykotoxiny z hlediska karcinogenních účinků v **tabulce 7**. V ní jsou také popsány expoziční standardy vybraných mykotoxinů.

**Tab. 7 Hodnocení vybraných mykotoxinů z hlediska karcinogenity a stanovení expozičních standardů PTWI nebo TDI**

MYKOTOXIN	KARCINOGEN	PTWI <sup>1/</sup> TDI <sup>2/</sup> PMTDI <sup>3/</sup>
Aflatoxiny	1	ALARA - nejnižší možný přívod (1997)
Ochratoxin A	2B	100 ng/kg ž.hm./týden <sup>1/</sup> (1995)
Deoxynivalenol	3	1250 ng/kg ž.hm./den <sup>2/</sup> (1995)
Patulin	3	0.4 ng/kg ž.hm./den <sup>3/</sup> (1995)
Zearalenon	3	100 ng/kg ž.hm./den <sup>2/</sup> (1994)

Pozn.:

PTWI - provizorní tolerovatelný týdenní přívod

TDI - tolerovatelný denní přívod

PMTDI - provizorní maximální tolerovatelný denní přívod

1 - Prokázaný karcinogen pro člověka

2B - Možný karcinogen pro člověka

3 - Zatím není klasifikován jako karcinogen pro člověka

Studiu mykotoxinů se věnuje ve světě řada pracovních skupin. U řady mykotoxinů již bylo provedeno hodnocení nebezpečí (zjištění údajů o jejich toxicitě) a stanovení regulačních opatření - národních limitů v potravinách a krmivech. Provádí se hodnocení expozice i hodnocení rizika pro populaci a jednotlivce. Výzkum se v současné době zaměřuje vedle již dosti prostudovaných mykotoxinů (aflatoxinů, ochratoxinu A, patulinu aj.) na skupinu fuzáriových (např. trichothecenů, moniliforminu, fumonisinů, beauvericinu) a alternariových mykotoxinů (např. AAL toxinu, alternariolu a kyseliny tenuazonové). Studie dále sledují antagonické či synergické vztahy mezi jednotlivými mykotoxiny z hlediska jejich produkce v potravinách (např. byl zjištěn synergismus u ochratoxinu A a citrininu, antagonismus zearalenonu vůči deoxynivalenolu) či se sledují aditivní vztahy mezi mykotoxiny při jejich toxickém působení. Sledování mykotoxinů v potravinách v ČR zabezpečují v rámci své dozorové činnosti kontrolní organizace (hygienická služba MZ ČR, Státní veterinární správa, Česká zemědělská a potravinářská inspekce) a je zahrnuto do systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí. Mykotoxiny jsou v potravinách limitovány ve vyhl. 298/1997 Sb.

Mykotoxiny mohou být obsaženy také ve spórách mikromycetů, které kontaminují životní a pracovní prostředí člověka. Při porušení zásad správné technologické praxe a při nedodržování zásad bezpečnosti a ochrany při práci může dojít

k profesionální expozici a ohrožení zdraví pracovníků (např. v mísírnách krmných směsí, v balírnách tropických a subtropických potravin, v mykologických laboratořích).

#### Mykotoxiny a kulturní mykoflóra

Mykotoxiny mohou být produkovány i tzv. kulturní mykoflorou, kdy toxinogenní kmeny *Penicillium camemberti* produkují mykotoxin kyseliny cyklopiazonovou a toxinogenní kmeny *Penicillium roqueforti* - mykotoxiny roquefortiny. *Aspergillus oryzae* nebo *sojae*, které se používají při výrobě asijských fermentovaných výrobků, produkují na sójovém substrátu soli kyseliny glutamové. Při nadměrném požívání pokrmů s velkým obsahem glutamátů (např. se sójovou omáčkou) dochází k onemocnění KWOK - onemocnění po nadměrné konzumaci pokrmů čínské kuchyně.

#### Volatilní mykotoxiny

Mikromycety mohou produkovat do prostředí „volatilní mykotoxiny“. Jedná se o těkavé organické látky, které jsou indikátorem jejich metabolické aktivity a růstu. Chemicky se jedná o různé typy alkoholů, ketonů, aldehydů, éterů, esterů a terpenů. Na plísňovém zápachu se podílí zejména 2-metyl izoborneol a 2-metoxi - 3-izopropyl pirazin a geosmin. Stanovení volatilních (těkavých) látek se provádí po adsorpci na speciální sorbenty plynovou chromatografií s hmotovou detekcí (GC - MS) a slouží k objektivnímu posouzení přítomnosti mikroskopických hub a jejich metabolické aktivity v prostředí.

Těkavé látky mohou u člověka vyvolávat bolesti hlavy, dráždit oči, sliznice nosu, uši či vyvolávat únavu, pokud se v takovém prostředí člověk zdržuje delší dobu. Na tyto látky také vzniká přecitlivělost a mohou působit jako alergeny.

#### • Možné nebezpečí při konzumaci potravin kontaminovaných mikromycety - podíl mikroskopických hub na vzniku alimentárních onemocnění (onemocnění orálně-alimentární cestou)

Bylo prokázáno, že mikromycety (kvasinky a někteří zástupci z třídy Zygomycetes) mohou způsobovat alimentární onemocnění nejen u nemocných se sníženou imunitou (např. HIV pozitivních), ale i u „zdravé“ populace.

Na druhé straně se mikromycety tzv. kulturní mykoflóry konzumují cíleně (plísňové sýry, kvasinkami fermentované nápoje, asijské fermentované výrobky) bez viditelného dopadu na lidské zdraví. Kulturní mikromycety jsou využívány v Asii k výrobě fermentovaných potravin několik tisíc let. Výroba sýru rokfórského typu je známa od dob Římské říše, sýry camembertského typu jsou známy od 18. století. Velkou tradici má výroba fermentovaných potravin především v jihovýchodní a východní Asii. Významná je výroba fermentovaných potravin (plísňových sýrů apod.) v Evropě a Severní Americe. V oblastech Jižní Ameriky, severní a jižní Afriky se využívají k přípravě fermentovaných potravin převážně bakterie a kvasinky.

Při výrobě fermentovaných produktů v asijských zemích se uplatňují především zástupci rodu *Rhizopus*, *Mucor*, *Amylomyces*, *Actinomucor* a *Syncephalastrum* ze třídy Zygomycetes, *Monascus* a *Neurospora*, ze třídy Ascomycetes, *Aspergillus*, *Geotrichum* a *Fusarium* z pomocné třídy Deuteromycetes. V Evropě a Severní Americe se především uplatňují rody *Aspergillus* a *Penicillium* z pomocné třídy Deuteromycetes.

V odborné literatuře je diskutována otázka možného zdravotního nebezpečí konzumace mycelia kulturních mikromycetů, které je součástí potravy, vzhledem k tomu, že byla prokázána produkce mykotoxinů a biologicky účinných látek i u kmenů kulturních mikromycetů. Uvedená problematika se i nadále řeší.

#### • Interakce s vybranými bakteriálními patogeny

Interakce vznikají mezi mikromycety a dalšími mikroorganismy, které vedou ke vzniku alimentárních onemocnění. Význam uvedených interakcí neustále roste.

V odborné literatuře je popisován metabiotický vztah mezi mikromycety např. rodu *Penicillium* a *Clostridium botulinum*. Mikromycety svou metabolickou činností snižují kyselost potravy a umožní spórám *Clostridium botulinum* vyklíčit a vyprodukovat botulotoxin. Poprvé byla tato interakce popsána v Německu v minulém století při zjišťování etiologie otravy „klobásovým jedem“.

Asijská potravina Tempe bonkrek je vyrobena fermentací lisovaného kokosu. V případě, že růst použitého kmene *Rhizopus* spp. je pomalý, dojde k rozvoji sekundární mikroflóry a zejména *Pseudomonas cocovenenans* a produkci toxinů (např. kyseliny bongkrekové, toxoflavinu).

#### • Mykotické onemocnění člověka

Ze zdravotního hlediska jsou negativně hodnoceny patogenní účinky mikromycetů. V důsledku patogenity, invazivity a parazitismu mohou mikromycety vyvolávat u člověka povrchové, hluboké a systémové mykózy (houbová onemocnění).

Saprofytické mikromycety nepatří mezi primární původce mykóz. V dnešní době jsou však časté případy, kdy saprofytický druh může způsobit různé typy mykóz u lidí se sníženou imunitou (nemocní AIDS) nebo v důsledku působení jiné vážné choroby, kdy je negativně ovlivněn imunitní systém, či v důsledku užívání léku s imunosupresivními účinky.

#### • Mykoalergie

Saprofytické mikromycety produkují i značné množství drobných spór, které jsou spolu s fragmenty mycelia významnou součástí prachu. Citliví jedinci (především děti, starší osoby, nemocní a rekonvalescenti) jsou spórami alergizováni při vdechování. Dochází k podráždění dýchacích cest, chrapotu, kašli, případně ke vzniku bronchitidy a dále ke zhoršování již vzniklých respiračních onemocnění. V odborné literatuře je popsán podíl alergenního účinku spór mikromycetů na vzniku řady onemocnění (astmatu, senné horečky, alergické bronchopulmonální aspergilózy, extrinsické alergické alveolitidy a horečky ze zvlhčovadel apod.).

#### • Nedostatek potravin (potravinová nedostatečnost)

Je znám i nepřímý účinek mikromycetů na nedostatek potravin. Neúroda brambor způsobená v polovině minulého století fytopatogenní mikroskopickou houbou *Phytophthora intestans* (plísň bramborovou) způsobila hladomor v Irsku a zdecimovala celý národ. Podobně i jiné parazitické houby způsobily ztráty při produkci surovin a potravin rostlinného původu a způsobily smrt hladem miliónů lidí.

## Závěr

Vedle těchto uvedených negativních vlastností kontaminujících mikromycetů je nutno na druhé straně poznamenat, že vybrané mikroskopické houby mají také řadu pozitivních vlastností. Existuje řada zástupců tzv. kulturní mykoflóry, kteří se vedle bakterií a kvasinek podílejí na cílených technologických postupech při výrobě fermentovaných potravin rostlinného a živočišného původu. Mikromycety se uplatňují i v moderních technologických při výrobě léčiv, organických kyselin, enzymů, mastných kyselin, polysacharidů, aminokyselin, vitamínů, pigmentů apod. Uvedené produkty získané v průmyslových biotechnologiích nacházejí široké uplatnění v potravinářském průmyslu a jejich technologické vlastnosti jsou přesně definovány a standardizovány.

Mikromycetům a mykotoxinům je nutno věnovat odbornou pozornost i v dalších letech. Zde se musí výrazně uplatnit na různých odborných úrovních:

- Činnost organizací kontrolního systému - při provádění dozoru nad zdravotní nezávadností potravin.
- Organizace Monitoringu zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí - při hodnocení dietární expozice mykotoxinům a odhadu zdravotního rizika pro populaci v České republice.
- Realizace aplikovaného a operativního výzkumu, který by nám pomohl odpovědět na řadu zatím nezodpovězených otázek a posunul tak hranice našeho poznání, s využitím nejmodernějších laboratorních metod, např. metody molekulární biologie a úzké spolupráce v uvedené problematice s obdobnými pracovišti v zahraničí.
- Realizace osvětové činnosti z hlediska ochrany zdraví občanů před toxinogenními mikromycetami a mykotoxiny a přípravu informačních materiálů a poskytování relevantních informací, které by vedly k pozitivnímu ovlivňování chování občanů.



### **Vláknité mikroskopické houby (plísně), mykotoxiny a zdraví člověka**

Autor MVDr. Vladimír Ostrý, CSc.

Recenze doc. MUDr. Lumír Komárek, CSc.

Grafická úprava Luděk Rohlík

Návrh obálky MVDr. Vladimír Ostrý, CSc.

Odpovědná redaktorka Mgr. Zdena Mlýnková

Vydal Státní zdravotní ústav, Šrobárova 48, Praha 10

Vytiskla Zdeňka Vavřínová - DOVA, Hruškové Dvory 33, Jihlava

1. vydání, Praha 1998

Neprodejné