

A neuronháló modelljét is egyedül dolgoztam ki, csak a szakirodalomból szereztem ötleteket. A modell olyan dolgokat is produkált, amiket sehol máshol nem olvastam. Ez a neuronmodell a végére már egy kis agymodellé vált.

Volt egy professzor az orvosi egyetemen, aki viszont a sejtzaporodással foglalkozott. Készített egy matematikai modellt, amire ugyancsak én írtam meg a számítógépes programot.

1967-ben Bukarestbe – az ILO (International Labour Office) által alapított Vezetőképző Intézetbe – kerültem, a számítóközpont vezetője Paul Constantinescu volt, előzőleg – Moisiu jobbkezeként – a Bukaresti Egyetem Számítóközpontját vezette.

1967-ben részben megszakadt a kapcsolatom a MECIPT-l-lyel. Néha, amikor Temesvárra utaztam, találkoztam Löwenfelddel, amikor Bukarestbe került, Baltackal is, sőt még családotól is meglátogattuk egymást. 1969-ben három hónapig voltam Párizsban az IBM-nél, Baltac is ott volt az IRIS gép átvételén, ott is találkoztunk.

Az Intézetben egy IBM gépünk volt, ezenkívül Románia megvette az említett francia IRIS licencet, ezen a gépen is dolgoztam.

A Vezetőképző Intézetet 1971-ben „politizálták”, beolvasztották a pártakadémiába. Majdnem kirúgtak, mert nem voltam párttag, előtte ugyanis az apámat is és az apósomat is kirúgták a pártból, ami nem tett túl jót a karrieremnek. Az öcsémet azonban bevették a pártba, ami némileg javított a helyzetemen. Én viszont mindenképpen le akartam tenni a matematikai doktorátusomat, annak ellenére, hogy akkor már nem foglalkoztam matematikával. A jelentkezésemet mégsem fogadták el, mert a doktorátushoz párttagnak kellett volna lennem. Erre jelentkeztem a pártba, ahová nagy szerencsével felvettek. Ekkor viszont az öcsém kiment Amerikába, mire engem kirúgtak a Vezetőképző Intézetből, de másodrendű tag maradhattam a pártban. Ezután sikerült elhelyezkednem az Egészségügyi Minisztériumban.

Kása Zoltán

## **Az élelmiszereinkben rejtőzködő veszély: aflatoxinok és hasonló gombamérgek**

A tavasz beköszöntével kezdetét veszi egy újabb olyan időszak, amely alkalmas az erdőben, réteken előforduló gombák gyűjtéséhez. Mint tudjuk, egyes gombák jelentős szerepet játszanak az emberek táplálkozásában, értékes tápanyagaiknak és egyéb, biológiai hatású vegyületeiknek (például vitaminoknak) köszönhetően. Azonban ha nem ismerjük jól az ehető és a mérgező fajok közötti különbségeket, könnyen veszélybe sodorhatjuk magunkat a mérgező gombatestek elfogyasztása révén. A gombákról, az általuk tartalmazott tápanyagokról, valamint biológiai hatású vegyületeikről, köztük a gombamérgekről, részletes írások jelentek meg a FIRKA 2001-2002/4-6. számaiban, illetve 2005-2006/3. számban. Ezekben a közleményekben elsősorban azokról a gombamérgekről esik szó, amelyek a gombamérgezéseknek szaknyelven micetizmusnak nevezett típusát okozzák.

Micetizmus esetén a mérgezési tünetek a mérgező gombának, mint ételnek az elfogyasztása után jelentkeznek. Az ilyen mérgezések súlyossága függ a mérgező anyag(ok) minőségétől, és arányos az elfogyasztott gomba mennyiségével. Megjegyzendő ugyanakkor, hogy nem minden megbetegedést, amelyet gombaétel elfogyasztása okoz, nevezhetünk valódi micetizmusnak, ugyanis egyes esetekben „csupán” arról van szó, hogy a nagy mennyiségben elfogyasztott, nem emészthető kitin (a gombasejtek egyik sejtfal-

komponense) árt meg a „gyengébb gyomrúaknak”, máskor pedig a helytelenül tárolt, romlott gombaételben elszaporodó baktériumok okozzák a tévesen gombamérgezésnek tulajdonított tüneteket. A valódi gombamérgezéseket (micetizmusokat) tehát meghatározott gombatoxinok okozzák, melyeket egyes gombafajok vagy fajcsoportok termelnek. Az említett gombatoxinok kémiai szerkezetüket és élettani hatásukat tekintve is sokfélék, ezért más-más, de specifikus tünet együtteseket alakítanak ki.

Itt, emlékeztetőül csak egyetlen példára térnék ki: az Erdélyben is előforduló gombafajok közül a legveszélyesebb mérgezéseket a gyilkos galóca (*Amanita phalloides*) okozza. A tapasztalatlan gombagyűjtők könnyen összetéveszthetik a gyilkos galócát az ehető és ízletes mezei csiperkével (*Agaricus campestris*), ami nagy veszéllyel jár, ugyanis egyetlen gyilkos galóca termőtest annyi toxint tartalmaz, amennyi négy személy számára elegendő halálos dózis. A galóca toxinjainak LD<sub>50</sub> értéke 0,2–0,5 mg/testsúlykg, ez nagyon alacsonynak számít (az LD<sub>50</sub> az 50%-os letális dózis jelölése, vagyis azé a hatóanyag-mennyiségé, amelynél a kísérleti állatok fele elpusztul)! A gyilkos galóca háromféle mérgecsoportja közül a legveszélyesebbek az amanitinek, amelyek egy része a melegvérű állatok és az ember máját károsítja, ezért például ha a termőtest csigarágtá, az még nem biztosíték arra nézve, hogy nem mérgező! A veszélyes gombamérgezések ellen széleskörű tájékoztatással, a gyakoribb gombafajok jellegzetességeinek, illetve a gombaszedés és -fogyasztás szabályainak még a gyerekkorban való alapos elsajátításával lehet védekezni.

A közelmúltban a hírközlő médiában többször hallhattunk a gombamérgezéseknek egy olyan típusáról is, mely nem évszakfüggő: bizonyos helyekről származó tejben és tejtermékekben is mutattak ki a szervezetre káros gombamérgeket, aflatoxinokat. Ezek az anyagok olyan élelmiszerek elfogyasztása során kerülnek a szervezetünkbe, amelyekben penészgombafajok szaporodtak el. A mikroszkópikus penészgombafajok által termelt gombamérgeket nevezük mikotoxinoknak, s az általuk okozott mérgezési tünet együttest mikotoxikózisnak. Mivel napjainkban is aktuális a számunkra rejtőzködő veszélyt jelentő penészgomba okozta egészségkárosítás, hasznosnak tűnik, hogy részletesen foglalkozzunk a mikotoxinokkal kapcsolatos fontosabb ismeretekkel.

Ezek a toxinok többnyire ún. másodlagos anyagcseretermékek, tehát az őket termelő gombának nem az elsődleges fontosságú szintézis- és energiatermelési folyamatában van szüksége, hanem a növekedés leállása után, ún. nyugalmi szakaszban termelődnek, nem ritkán olyan környezeti körülmények között, amelyek eltérnek a termelő szervezet optimális létfeltételeitől (így, például, a *Fusarium* nemzetségbe tartozó toxintermelő fajok 20°C-nál alacsonyabb hőmérsékleten termelik az F-2 toxint). Az elsődlegesekkel ellentétben, a másodlagos anyagcseretermékek nem általánosak az élőlényekben, hanem olyan bioszintetikus utakon termelődnek, amelyek csak egyes fajcsoportokra jellemzőek. Mivel tehát a sejtek fennmaradásához nem feltétlenül szükségesek ezek a vegyületek, ugyanakkor a szintézisük is nagy energiaráfordítást igényel a sejt részéről, felmerül a kérdés, hogy mégis milyen jelentőséggel bírnak a sejt életében. Egyes esetekben egyértelműen bizonyították a gombatoxinok védőhatását a fogyasztó és versengő fajokkal szemben, más feltevés szerint viszont a másodlagos anyagcseretermékek szintetikus útjaiban nem is a végtermék (a toxin) termelődése a fontos, hanem a köztestermékeké, amelyek pozitív vagy negatív hatású regulátor vegyületekként vesznek részt az elsődleges anyagcsere visszacsatolásos (feed back) szabályozásában. Ez utóbbi feltevés szerint, ha az így termelődött toxin, mint végtermék, valamilyen előnyös tulajdonsággal bír a termelő szervezet számára, az csak plusz nyereséget jelent.

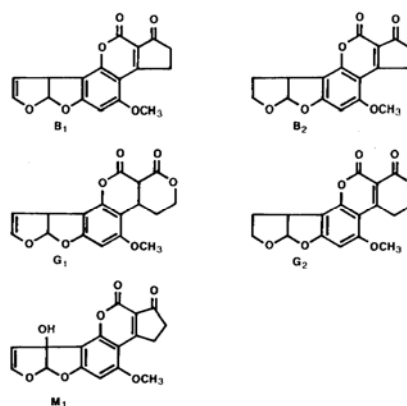
Bár már a középkor óta ismertek gombatoxinok (például az anyarozs gomba alkaloidjai) által okozott tömeges mérgezési esetek, ezeket hosszú ideig járváynak hitték. Történelemszerint a középkori Európában több tízezeren veszték oda anyarozs-alkaloid mérgezésekben, és egyes feltevések szerint nem ritkán boszorkányüldözések is követték az ilyen eseteket, mivel a babonás emberek boszorkányoknak tulajdonították a „járványok” kitérését. A mikotoxinok felfedezése viszonylag újkeletű, és az 1960-as ún. „angliai pulykavészhez” kötődik, amikor Brazíliából származó többéves földimogyoróval etetett pulykák közül több százezer is elpusztult. Kezdetben járványra gyanakodtak, de a vizsgálatok nem mutattak ki semmilyen fertőző mikroorganizmust. Az elhullott állatok máján vizsont kiterjedt bevézésekét figyelték meg, és a mikotoxint is sikerült kimutatni a földimogyoróból és májpreparátumokból vékonyréteges kromatográfiás vizsgálattal, egy UV-ben fluoreszkáló folt formájában. Később megtalálták a kapcsolatot a toxin és az *Aspergillus flavus* gomba között, ezért a mérgezést okozó vegyületet a fajnév kezdőbetűit felhasználva **aflatoxin**nak nevezték el.

Sokféle, kémiai szempontból gyakran bonyolult szerkezetű vegyület tartozik a mikotoxinok csoportjába, amelyeknek ugyanakkor közös jellemzőjük, hogy erős biológiai aktivitással rendelkeznek. Egyes esetekben az élettani hatásuk viszonylag gyorsan jelentkezik, például hormonális zavarokat okoznak, vagy felerősítik a nehézfémek károsító hatásait, a legtöbbször viszont hosszú távon, lassan felhalmozódva, alattomosan hatnak, károsítva a belső szerveket és daganatokat hozva létre elsősorban a májban.

A mikotoxikóziást okozó vegyületek egyik hírhedt csoportját, amint azt említettük, az **aflatoxinok** képezik, amelyeket a gabonamagvakon, takarmánynövényeken, földimogyorón elszaporodó tömlős- és konídiumos gombák termelnek, és amelyeket elsősorban az *Aspergillus flavus* és *Aspergillus parasiticus* fajokban mutattak ki.

Kémiai szempontból az aflatoxinok poliketidek heterociklusos vázát alkotó származékai, ún. szubsztituált kumarinszármazékok. Eddig több alcsoportot is leírtak: B-, G-, M-aflatoxinokat, ezen belül pedig további altípusokat (1. ábra). A jelenleg ismert aflatoxin-család legmérgezőbb tagja a B<sub>1</sub>-aflatoxin. Az aflatoxinok súlyos májkárosodást okoznak a háziállatokban és az emberben, biológiai hatásukat tekintve DNS- és RNS-polimerázgátló és rákkeltő (karcinogén) vegyületek. Bár az aflatoxinokat termelő gombafajok nálunk is megtalálhatók, a toxinok a mi éghajlatunkon normális körülmények között nem termelődnek, ezért leginkább trópusi országokból származó takarmányban és élelmiszerekben fordulnak elő nagy mennyiségben.

Az aflatoxinoknak a megengedett maximális egészségügyi mennyisége 0,025–15 µg/ kg növényi anyag vagy egyéb élelmiszer (pl. tej). Már 1963-ban kimutatták, hogy a



1. ábra  
Különböző aflatoxinok szerkezete<sup>1</sup>

<sup>1</sup> <http://www.dcu.ie/~best/aflttox.htm>

szarvasmarhák által a toxinnal fertőzött takarmányból felvett B<sub>1</sub>-aflatoxin az állatok szervezetében átalakul M<sub>1</sub>-aflatoxinná, melyet azután meg lehet találni a tejben és különböző tejtermékekben (legkevésbé a vajban). Bár az M<sub>1</sub>-aflatoxin megőrzi a B<sub>1</sub>-toxin rákkeltő tulajdonságát, hatása kevésbé jelentős, így elsősorban csecsemők és kisgyermek számára veszélyes, illetve azon felnőttek esetében, akik rendszeresen és huzamosabb időn keresztül fogyasztanak toxinnal szennyezett tejet és tejtermékeket.

Mikotoxikózist okoznak a rozson és más gabonaféléken parazitaként élő anyarozs gomba (*Claviceps purpurea*) alkaloidjai, az **ergotalkaloidok**, amelyek kémiai szerkezetüket tekintve aromás gyűrűt tartalmazó indolszármazékok. A rozskalász szemei helyén képződő gomba-szkleróciumok (hifaszövedékből álló, kemény, kitartó, áttelelő képletek, közismertebb nevük „varjúköröm”) toxinjai órlés-kor a lisztbe keveredve fejtik ki hatásukat.

Egyes anyarozs-alkaloidok hallucinogének, a legtöbb viszont nagy koncentrációban ergotizmusnak nevezett tünetegyüttest vált ki, melynek kezdeti szakaszában zsibaddásérzet keletkezik a végtagokban („bizser-kór”), később égető fájdalom és tartós összehúzóds jelentkezik a simaizmokban, az erek falában, és a vérrellátási zavarok miatt akár végtagelhalás is bekövetkezhet (2. ábra).



2. ábra  
Érösszehúzódsos vérkeringési zavar miatt  
végtagjaikat vesztett ergotizmusban szenvedők  
a középkorban  
(Pieter Bruegel festménye, Louvre<sup>1</sup>)

Az anyarozs számos alkaloidját ma gyógyszerként alkalmazzák, például vérnyomás-csökkentő és vérzés-csillapító vegyületeként, a szülészetben a méhfal simaizmaikt összehúzó hatásuk miatt, de migrén, allergia, övsömör és perifériás keringési rendellenességek kezelésében is. Szintén anyarozs-alkaloidból állítják elő az LSD-t (lizergsav-dietilamin), amely közismert hallucinogén, ugyanakkor egyes származékait idegrendszeri betegségek (például a Parkinson-kór) kezelésében is alkalmazzák. Mint sok más esetben, az anyarozs-alkaloidok esetében sem lehet élesen elhatárolni a gyógyhatást a mérgező hatástól, lévén ez elsősorban dóziszfüggő. A gyógyászati céllal alkalmazott anyarozs-alkaloidokat kémiai szintézissel is elő lehet állítani, mégis leginkább a mesterségesen fertőzött rozsföldeken tenyésztett gomba szkleróciumaiból vonják ki. A tenyészetek mesterséges, ipari körülmények között is fenntarthatók, ilyenkor viszont gondoskodni kell megfelelő tápanyagokról, elegendő mennyiségű szacharózzról, lipidekről, foszfátról, valamint a tenyészetek rendszeres intenzív átszellőztetéséről.

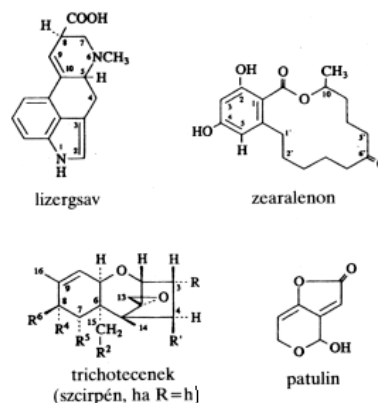
Az **ochratoxinok**, amelyeket először az *Aspergillus ochraceus* gombából mutattak ki, amellet hogy erős baktériumölő hatásuk is van, a vesét károsítják. Az ochratoxinnal mérgezett élelmiszerek fogyasztása nagy valószínűséggel szerepet játszik az ún. szófiaai vagy balkáni vesebetegség kialakulásában.

A **zearalenon** nevű toxint (F-2 toxint) a *Fusarium* fajok termelik, amelyek közismerten növénykórokozó gombák.

<sup>1</sup> <http://www.fs.fed.us/wildflowers/ethnobotany/mindandspirit/ergot.shtml>

A zearalenon nemi hormonhoz (ösztrogénhez) hasonló hatást fejt ki, a mérgezett állatok nemi szerveinek kóros elváltozását, meddőségét, valamint vemhes állatoknál (elsősorban sertéseknél) a magzat elvetélését okozza.

*Fusarium* fajok szteránvázas **trichotecéneket** is termelnek, például a T-2 toxint, amelyet először a *Trichotecium roseum* fajból írtak le, és amely a sejtosztódást gátolja, halálos kimenetelű emésztőrendszeri szövetelhalásokat (nekrozist) idézve elő. Egy másik veszélyes vegyület a **patulin**, amelyet a *Penicillium patulum* nevű penészgomba termel, és amely idegméregként hat, vérzékenységet okoz, gátolja az oxidatív légzést és a mitotikus sejtosztódást, valamint kromozómatoréseket is eredményez (3. ábra).



3. ábra  
Különböző mikotoxinok szerkezete  
(Jakucs, 2006)

A mikotoxinok rendkívüli veszélyessége részben annak köszönhető, hogy jelenlétük a fertőzött mezőgazdasági terményekben (takarmányban, élelmiszerekben) érzékszervekkel (ízlelés, szaglás révén) nem mutatható ki, ezért az állat vagy az ember szervezete nem utasítja vissza a toxintartalmú ételmezt (ritka kivétel a dezoxinivalenol, egy *Fusarium*-fajok által termelt trichotecén-származék, amelynek hánytató hatása van). További veszélyt jelent, hogy a mikotoxinok ellenálló vegyületek, melyek hőkezelésre nem bomlanak el, így például a főzés-sütés ellenére is megőrzik biológiai aktivitásukat.

Egyes vizsgálatok szerint a mikotoxinok felhalmozódása a mezőgazdasági terményekben már a szabadföldön megindul, de a téli tárolás ideje alatt felgyorsul, főleg ha magas a termény nedvességtartalma és rosszak a tárolási körülmények, például ha magas a hőmérséklet vagy a páratartalom, ami kedvez a penészgombák elszaporodásának. Mivel a már fertőzött takarmány és élelmiszerek toxinmentesítése nem gazdaságos, a hőkezelés nem segít, a feletetés kevésbé érzékeny háziállatokkal (pl. baromfival) végső soron nem biztonságos, a mikrobiológiai úton történő lebontás pedig még kísérleti fázisban van, a toxinok alattomos hatásaitól leginkább a megelőzéssel védhetjük meg magunkat. Ehhez még idejében, a szabadföldi termesztés során, de később, a raktározás ideje alatt is rendszeresen ellenőrizni kell a növényi anyag mikotoxin-tartalmát, és olyan körülményeket kell biztosítani, amelyek gátolják a toxintermelő penészgombák elszaporodását, valamint tartózkodni kell az olyan terményeknek az elfogyasztásától, amelyekben a mikotoxinok mennyisége meghaladja a megengedett maximális egészségügyi értékeket.

#### Ajánlott irodalom

- [1] Ádám É. (szerk.), 2006, *Mikrobiológia*, Semmelweis Kiadó, Bp.
- [2] Jakucs E., 2006, *A mikológia alapjai*, ELTE Eötvös Kiadó, Bp.
- [3] Kevei F., Kucsera J., Manczinger L., Vágvolgyi Cs., 1999, *Mikrobiológia II.*, JATEPress, Szeged.
- [4] Pesti M. (szerk.), 2001, *Általános mikrobiológia*, Dialóg Campus Kiadó, Bp-Pécs.

Szigyártó Lídia, Zsigmond Andrea-Rebeka

A Sapientia EMTE, Környezettudomány Tanszékének, Kolozsvár