

# A penésztartalom meghatározására alkalmas módszerek II. Kémiai meghatározási módszerek

*Kiskó Gabriella*

Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem, Mikrobiológia és  
Biotechnológia Tanszék, Budapest

Érkezett: 1998. október 11.

## 1. Kitintartalom meghatározás

Már a 60-as években történtek próbálkozások a Howard penészszám meghatározást kiváltó kémiai módszer kifejlesztésére. Golubchuk és munkatársai (1960) vizsgálták elsőként különböző mértékben fertőzött gabona magvak kitin tartalmát.

A növénykórtanban Ride és Drysdale (1971) fejlesztett ki gyors módszert a növényi szövetek fonalagomba fertőzöttségének becslésére. A módszer a kitin kitozánná történő alkalikus diacetilezésén alapszik. A kitozán glükózamin származékok csoportja, mely salétromsavval történő deaminálással kolorimetrikusan mérhető aldehiddé (2,5-anhidro-mannóz) alakul. A vizsgált mintákban megfigyelt aldehyd szint (glükózaminban kifejezve) összefüggött a száraz gomba micélium tömeggel.

A gabonaipar területén Ride és Drysdale módszerét alkalmazva Donald és Mirocha (1977) szójabab és tárolt gabona penész-szennyezettségét vizsgálta. Arra a következtetésre jutottak, hogy a kitin vizsgálat felhasználható a gabonamagvak és a szójabab penész-fertőzöttségének gyors vizsgálatára. Azt tapasztalták, hogy a fertőzetlen gabona glükózamin tartalma nagyobb volt (100-178  $\mu\text{g/g}$ ), mint az egészséges magé (20-43  $\mu\text{g/g}$ ), mivel a módszer a magban található glükoproteinek is méri. A tárolás és penészgombák szaporodása előrehaladtával a glükózamin szint növekedett. A gabonamagvakon mért penésznövekedés nagy mértékben meghaladta a szójababon megfigyelhető. Nandi (1978) azonos módszert használt búza penész-szennyezettségének vizsgálatára. A 30 °C-on 90 % RP-nél tárolt, *Aspergillus* speciosekkel (*A. candidus* és *A. glaucus*) szennyezett búza glükózamin szintje magasabb volt, mint a *Penicillium* speciosekkel fertőzötteké. Rámutatott, hogy a különböző magok tartalmaznak glükózamint glükoproteinként, de ez nem befolyásolja a mérést, mivel a jelenlevő glükózamin mennyisége fajonként jellemző és ismert. A vizsgálat során minden vizsgált penész faj esetén növekedett a glükózamin mennyisége az inkubációs idő növekedésével.

Az élelmiszeriparban Stahman és munkatársai (1975) valamint Wu és Stahmann (1975) aminosav analízátort és ioncserés kromatográfiát használt a glükózamin meghatározására. A módszer képes volt a glükózamin meghatározására 2,5 órán belül, ami sokkal gyorsabb, mint a kolorimetrikus vizsgálat. Növények, paradicsom és liszt penésztartalmának meghatározását végezték el. Jarvis (1977) majd Bishop és munkatársai (1982) paradicsom készítmények penésztartalmának becslését végezte el a termék kitin tartalmának mérése alapján. Erősen szignifikáns korrelációt ( $R=0,94$  és  $R=0,92$ ) találtak paradicsom lében a Howard szám és a penész glükózamin szint között. Ezzel szemben Jarvis jelentősen gyengébb korrelációt ( $R=0,42$ ) talált homogenizált levek esetén, mivel a homogenizálás a Howard szám növekedését okozza a fragmentumok összetöredezése miatt. Jarvis különböző penészfajok glükózamintartalmának mérését is elvégezte, s azt tapasztalta, hogy a „paradicsom penészek” glükózamintartalma hasonló a más laboratóriumok által teszteltkéhez. Bishop viszont úgy találta, hogy 4 gyakori, paradicsomról izolált penész (*Alternaria tenuis*, *Colletotrichum phomoides*, *Geotrichum candidum* és *Fusarium oxysporum*) glükózamintartalma változott a penész típusától a tenyésztési körülményektől és a kultúra korától függően, ami a meghatározás hibaforrása lehet.

Hasonló tapasztalatokról számoltak be Cousin és munkatársai (1984), jelezve, hogy a glükózamintartalom függ a termék típusától, a hidrolízis idejétől, a KOH koncentrációtól, a tenyésztés korától (öregebb tenyésztésben nagyobb a fajlagos glükózamin tartalom), valamint a penészfajtól. Hat penészgombát (*Alternaria alternata*, *Alternaria solani*, *Colletotrichum coccodes*, *Fusarium oxysporum*, *Geotrichum candidum* és *Rhizopus stolonifer*) használtak a vizsgálatok során. A glükózamin szint a 14. napon érte el a maximumot a legtöbb penészgombánál. Gyümölcslegyeket (lárvát, rovarlábat, kitinpáncélt) keverték paradicsom püréhez, de a detektálható glükózamin mennyisége alacsony (2mg/g alatti) értéket mutatott. Ketchup Howard számát és glükózamin tartalmát hasonlították össze, de a korreláció alacsony volt. Paradicsomnál a glükózamin-tartalom arányos volt a penész száraz tömeggel, a penész koncentráció és a glükózamin tartalom között lineáris összefüggést találtak.

Lin és Cousin (1985) szintén lineáris kapcsolatot figyelt meg HPLC-s módszerrel a penész koncentráció és a glükózamin-tartalom között. Feldolgozott gyümölcs és zöldség termékek glükózamin tartalmát vizsgálták. Rámutattak, hogy mivel az élelmiszerekben különböző korú és fajtájú penészek találhatóak, a mért glükózamin-koncentráció csak akkor tükrözi a penész-szennyezettséget, ha ismerjük az előforduló penészek

fajtáit és csíraszámukat. Ezek ismeretében mesterséges faktorok segítségével a termék penész-szennyezettsége kiszámítható.

A módszer továbbfejlesztett változatainak időigénye alapján jól alkalmazható lenne alapanyagok, termékek gyors analízisére, pontatlansága miatt azonban elterjedése kvantitatív penésztartalom meghatározásra nem valószínűsíthető. Ugyanis, ha alacsony glükózamin tartalmat mérünk, az nem jelzi szükségszerűen, hogy egészséges alapanyagot használtunk. Viszont a magas glükózamin-szint jelezhet penésszel szennyezett nyersanyagot.

## **2. Ergoszterintartalom meghatározás**

A kitin meghatározás mellett egy másik gomba-összetevő, az ergoszterin meghatározása is előtérbe került, főként azért, mert a kitin meghatározás pontosságát és reprodukálhatóságát többen is megkérdőjelezték. Számos tanulmányban jobbnak és gyorsabbnak ítélik az ergoszterin vizsgálatot, mint a kitin meghatározást (Seitz et al., 1979, Nout et al., 1987, Martin, 1990).

Seitz és munkatársai (1977) fejlesztették ki az ergoszterin-kimutatást, mint a penész-szennyezettség indikátor módszerét gabonamagvak vizsgálataira. Az ergoszterin meghatározását UV spektroszkópiával és HPLC-s módszerrel is elvégezték. Az ergoszterintartalom mindkét meghatározási módszernél korrelált a magok penész-fertőzöttségével, de úgy találták, hogy a mennyiségi meghatározás és kényelmi szempontok miatt a HPLC-s módszer jobb az UV spektroszkópiánál. A módszer megbízható és gyors kimutatásra ad lehetőséget, de az utóbbi is alkalmazható, ha nem áll rendelkezésre HPLC készülék. Szemben a kitin vizsgálat 4-6 órás időigényével az ergoszterin-meghatározás hozzávetőleg 2-3 óra alatt kivitelezhető. A módszer képes a teljes penész-biomassza (élő és holt) detektálására, de nem képes a fajok azonosítására, így nem képes megkülönböztetni a betakarítás előtti és a tároláskori fertőződést.

Nout és munkatársai (1987) szintén azt tapasztalták, hogy az ergoszterintartalom sokkal érzékenyebb kémiai index a micélium növekedés alacsony szintjénél, mint a kitin, bár szükségesnek tartják a Seitz és munkatársai (1977) által leírt módszer módosítását. Ezáltal az ergoszterin kinyerése nagy mértékben megnövelhető. Seitz és Paukstelis (1977) később módosította az eredeti módszert az ergoszterin kinyerés hatékonyságának javítására. Különböző környezeti tényezők hatását vizsgálták az ergoszterintartalomra a penésznövekedés meghatározott időszaka alatt. Azt tapasztalták, hogy míg az alkalmazott inkubációs hőmérséklet nem befolyásolta jelentősen az ergoszterintartalmat, a levegőztetés hatása

szignifikáns volt. Alacsonyabb oxigén tartalmú (3 %) közegben jelentősen kisebb ergoszterin tartalmat mértek (2,1 µg/g) a normál levegő (21 % O<sub>2</sub>) összetételénél (11 µg/g).

A vizsgálat időigényének csökkentésére egyszerűsített reverz fázisú HPLC-s módszert írtak le (Martin et al., 1990). A kidolgozott módszer kiküszöböli az időigényes szappanosítási lépést, s lehetővé teszi a kitin- és ergoszterintartalom egyidejű meghatározását. A később kifejlesztett mikrohullámú extrakciós technika alkalmazásával tovább egyszerűsödik a meghatározás menete (Young, 1995). Metanol és vizes NaOH jelenlétében - a mintát hagyományos mikrohullámú kezelésnek 35 percig alávetve - egyidejű extrakció és szappanosítás játszódik le. Az eljárás gyors, egyszerű, megbízható és gazdaságilag is kedvező, összevetve az eredeti módszer oldószer igényével.

Seitz és munkatársai (1979) az ergoszterin kimutatás alkalmasságát vizsgálták rizs penésztartalmának meghatározására. Az inkubáció során mind a kitin, mind az aflatoxin B<sub>1</sub> 12-16 órával később volt detektálható az ergoszterin első detektálásához képest. Úgy találták, hogy a penész-növekedés korai fázisában az ergoszterin vizsgálat sokkal hatékonyabb és érzékenyebb, mint a kitin, valamint könnyebben és gyorsabban kivitelezhető. Az ergoszterintartalommal és lemez számmal mért penész-növekedés és az aflatoxinképződés közötti összefüggést vizsgálták Gourama és Bullerman (1995). Azt tapasztalták, hogy az összefüggés szignifikáns. Az ergoszterinvizsgálat gyorsabban jelezte a penész-növekedést az aflatoxintartalommal összefüggésben, mint ahogy a lemezöntéses technika detektálni tudta az életképes spórákat. Magas inokulálási szintnél az ergoszterintartalom és a penészspóraszámok előbb meghatározhatók voltak, mint az aflatoxin B<sub>1</sub>. Mindezek alapján az ergoszterintartalom a penész aktivitás és aflatoxintermelés érzékeny és korai indikátorának tűnik rizsben.

Cahagnier és munkatársai (1993) a vízaktivitás és a penész-növekedés összefüggését vizsgálták cereáliákon. A penész-növekedés mértékét ergoszterinvizsgálattal és lemezöntéssel követték nyomon. Az eredmények azt mutatták, hogy az ergoszterin jobb indexe a cereáliák technológiai minőségének, mint a penész propagulák száma, mivel a spórák számának tízszeres növekedése felelt meg az ergoszterintartalom kétszeres növekedésének.

Magan (1993) az ergoszterintartalmat és a „penész-enzimek” jelenlétét vizsgálta gabona mikológiai minőségének meghatározására. *Alternaria alternata*, *E. amstelodami* és *Penicillium aurantiogriseum*

esetén jó korrelációt talált a penész-növekedés és az ergoszterin-tartalom között 0,94  $a_w$ -nál, míg 0,85  $a_w$ -nál nem. A búzaszemek ergoszterin tartalma kisebb volt, mint 5-6  $\mu\text{g/g}$ . Mikroszkóppal észlelhető penész-növekedés esetén a mérhető ergoszterintartalom 7,5-10  $\mu\text{g/g}$ , míg szemmel látható penésznövekedésnél nagyobb, mint 10-12  $\mu\text{g/g}$  ergoszterintartalom volt mérhető. A mikroszkóppal észlelhető penésznövekedésnél jelentős ergoszterintartalom, valamint az  $\alpha$ -D-galaktozidáz és  $\beta$ -D-glükozidáz mennyiségének jelentős, gyors növekedése volt megfigyelhető 0,95  $a_w$ -nél a száraz, nem penészes gabonához viszonyítva. A vízaktivitás befolyásolta a növekedés mértékét. A módszer ígéretesnek mutatkozott az enzimek detektálására a vizuálisan érzékelhető penész-megjelenést megelőzően. Az ergoszterintartalmat a gabona penésztartalom megfelelő indikátorának ítélték, melynek legfőbb hátránya a lassú extrakció.

Számos publikáció tárgya a penészkimutatásra alkalmas módszerek összehasonlító vizsgálata. Schwabe és munkatársai (1992) a latex agglutinációs teszt és az ergoszterinvizsgálat eredményeit hasonlították össze különböző élelmiszermintákon. Mindkét módszer képes volt *Penicillium aurantiogriseum* és *Aspergillus niger* detektálására a penésznövekedés ugyanazon fázisánál folyadék és szilárd szubsztráton. Az inkubáció alatt az ergoszterin- és extracelluláris poliszacharidtartalom (EPS) párhuzamosan növekedett az élő penészszámmal és a micélium-tömeggel. A *Fusarium* species növekedése ergoszterinvizsgálattal előbb detektálható volt, mint latex agglutinációs teszttel. Huszonhat élelmiszer-mintát vizsgálva a minták agglutinációs titere 100-tól 1000-ig terjedt, ergoszterintartalmuk pedig 0,6 és 56 mg/kg között változott. Young és Games (1993) újszerű technikát fejlesztett ki az ergoszterin meghatározásra.  $\text{CO}_2$  szuperkritikus folyadékextrakciót és szuperkritikus folyadék-kromatográfiát használtak liszt, penészes kenyér és gomba vizsgálatára. Az eljárás gyorsnak, egyszerűnek és megbízhatónak bizonyult. A módszer érzékenysége 0,05 mg/g volt lisztminta esetén és 0,08 mg/g sütő-liszt esetén. Schnürer (1993) összehasonlítást végzett az ergoszterinvizsgálat, a spóraszám és a hifahosszúság-mérés eredményei között. Azt tapasztalta, hogy az ergoszterinszint szoros összefüggést mutatott a hifanövekedés-változással.

Bertoni és munkatársai (1994) paradicsomkészítmények nyersanyag vizsgálatára alkalmazták az ergoszterin analízist. A termékek Howard-szám meghatározását szintén elvégezték. Az ergoszterintartalom széles tartományban változott, de nem tapasztaltak szignifikáns korrelációt a Howard-számmal. Határértéknek 15 mg/kg értéket javasoltak a paradicsomgyártmányok nyersanyagaira. Battilani és munkatársai (1995) szintén a

paradicsom vizsgálatát végezték el, de Bertoniékkal ellentétben szignifikáns korrelációt figyeltek meg a Howard-szám és az ergoszterin-koncentráció között. Battilani és munkatársai (1996) 3 módszer összehasonlítását végezték el paradicsom penésztartalmának mennyiségi meghatározására: a romlott paradicsom mennyiségét, a Howard-számot és az ergoszterintartalmat. A transzformált adatok regresszióanalízise azt mutatta, hogy jelentős kapcsolat volt mind a romlott gyümölcs mennyisége és a Howard-szám, mind a Howard-szám és az ergoszterintartalom között. A penész-speciesek regressziós egyeneseinek statisztikai összehasonlítása azt mutatta, hogy szignifikánsan különböznek, ami azt jelenti, hogy a kapcsolat a Howard-szám és az ergoszterintartalom között nagy mértékben függ a szennyező penészmikroflóra összetételétől.

Az ergoszterinmeghatározás különböző módszerei megbízható és gyors penésztartalom kimutatásra adnak lehetőséget. Szemben a kitin vizsgálat 4-6 órás időigényével az ergoszterinmeghatározás hozzávetőleg 2-3 óra alatt véghezvihető. A módszer képes a teljes penész biomassza (élő és holt) detektálására, de nem képes a fajok azonosítására, így nem képes megkülönböztetni a betakarítás előtti és a tároláskori fertőződést. Az ergoszterinvizsgálat kiváló a penészsaporodás kezdeti szakaszában való kimutatásra így prediktív jellegű, mely kiterjedhet a mikotoxin-szintézis előrejelzésére.

### **3. Egyéb kémiai módszerek**

Jonsson és munkatársai (1997) egy elektronikus módszerről számolnak be, amely a gombák növekedése során képződött szaganyagokat detektálja a gabona tárolása során. A rendszer tulajdonképpen különböző típusú érzékelőket tartalmazó érzékelő sor. A mintából származó jeleket komputer gyűjti össze, majd egy mesterséges neuron hálózat (artificial neural network, ANN) segítségével mintafelismerő rendszer értékeli. Vizsgálataik során 15 gázérezkelő kombinációjával és mintafelismerő rendszerrel zab, rozs és árpa minőségi vizsgálatát végezték el, megkülönböztetve jó, penészes, gyengén és erősen dohos gabonamintákat. Az ANN által kapott jelek erős korrelációt mutattak a mikrobiológiai módszerrel meghatározott élőpenész-számmal, valamint az ergoszterintartalommal.

Robin és Chiou (1997) földimogyoróban az aminosav-tartalom mérésével próbálta nyomon követni a penészgomba-populáció változását az inkubációs idővel. A vizsgálatok során mérték a nedvesség- és cukortartalom változását is. A szennyezett földimogyoró cukortartalma szignifikánsan csökkent az idővel. A cukortartalom és inkubációs idő között lineáris kapcsolat volt ( $R=0,80$ ). Az egyenes meredeksége az

inokulálásra használt species függvénye volt. Az aminosav összetételbeni változás főként az egyedi aminosavak, penészgomba-faj és az inkubációs idő függvényeként változott. A treonin-, szerin-, glutaminsav-, glicin-, alanin-, cisztein- és tirozintartalom szignifikánsan változott az inkubációs idővel. A szabad aminosavak valószínűleg a penészgombák enzim tevékenységének eredményeként szabadultak fel fehérjék hidrolízisével, amit aztán a penészgombák felhasználtak növekedésükhöz. Vizsgálataik során óriási változást tapasztaltak az aminosav összetételben az inkubáció 5. és 7. hete között. Ezen idő alatt a mogyorószemek penészedése nagymértékű volt. A szabad treonin és tirozintartalom logaritmusosan növekedett, míg a szabad glutaminsav-tartalom logaritmusosan lineárisan csökkent az inkubációs idővel ( $R=0,80$ ). Eredményeik alapján úgy ítélték, hogy a szabad glutaminsav-tartalom mérés a mogyoró penészszennyezettségének jelzésére szolgálhat.

Más szerzők a penészek által képzett illatanyagokat próbálták a penészszennyezettség jelzésére felhasználni. Kaminski és munkatársai (1972) *Aspergillus flavus* illatanyagainak gázkromatográfiás vizsgálata során 19 csúcst detektáltak. A fő komponensek azonosítására GC-MS (gázkromatográfiával kapcsolt tömegspektroszkópia) rendszert használtak. Az azonosított komponensek 3-metil-butanol, 3-oktanol, 1-oktén-3-ol, 1-oktanol és cis-2-oktén-1-ol voltak. A két oktanol volt a legnagyobb mennyiségben jelen. Úgy gondolják, hogy ez a két komponens felelős bizonyos gombák jellegzetes dohos-penészszag kialakításáért; továbbá, hogy a cis-2-oktén-1-ol alkalmazható a penésznövekedés kémiai indexeként. Később vizsgálataikat kiterjesztették, és számos az *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Cephalosporium* és *Fusarium* faj illatanyag termelését vizsgálták (Kaminski et al., 1974). A kromatográfiás vizsgálat során detektált komponensek megegyeztek a korábbi vizsgálatnál kapottakkal, de most az 1-oktén-3-ol volt domináns komponens. Börjesson és munkatársai (1992) *Aspergillus* és *Penicillium* fajok vizsgálatakor azt tapasztalták, hogy az illatanyagok képződése nagyobb mértékben függ a penészfajától, mint a gabonaszubsztrát minőségétől. A gomba növekedési fázisának nem volt jelentős hatása az illatanyag-termelésre. Vizsgálták a *Penicillium aurantiogriseum* illatanyagainak termelését a CO<sub>2</sub> termeléssel párhuzamosan, valamint az ergoszterintartalmat és az élő penészszámot (4 gabona alapú és 2 mesterséges táptalajon) (Börjesson et al., 1990). Kaminskiék vizsgálataihoz hasonlóan az alacsony molekulatömegű alkoholok és szeszkviterpének voltak túlsúlyban. A terpén-termelés inkább a mesterséges szubsztrátokon volt jellemző, míg az alkoholtermelés a gabona alapú táptalajokon volt magasabb. Az illatanyag-termelés szorosan

korrelált a CO<sub>2</sub>-termeléssel, csak kis mértékben az ergoszterintartalommal és nem állt korrelációban a telepképző egységek számával.

## Irodalomjegyzék

- BATTILANI, P., CHIUSA, G., CERVI, C., TREVISAN, M. és GHEBBIONI, C. (1996): Fungal growth and ergosterol content in tomato fruits infected by fungi. *Ital. J. Food Sci.* **4**, 283-289.
- BERTONI, P., GHIRETTI, G.P., SANDEI, L., STRINA, F. és LEONI, C. (1994): Ergosterol content of commercial tomato products as an index of raw material fungal contamination and proposal of a tolerance value. *Ind. Conserve*, **69**, (1), 18-25.
- BISHOP, R.H., DUNCAN, C.L., EVANCHO, G.H. és YOUNG, H. (1982): Estimation of fungal contamination in tomato products by a chemical assay for chitin. *J. Food Sci.* **47**, 437-439, 444.
- BÖRJESSON, T., STÖLLMAN, U. és SCHNÜRER, J. (1990): Volitale metabolites and other indicators of *Penicillium aurantiogriseum* growth on different substrates. *Appl. Environ. Microbiol.* **56**, (12), 3705-3710.
- BÖRJESSON, T., STÖLLMAN, U. és SCHNÜRER, J. (1992): Volitale metabolites produced by six fungal species compared with other indicators of fungal growth on cereal grains. *Appl. Environ. Microbiol.* **58**, (8), 2599-2605.
- CAHAGNIER, B., LESAGE, L. és RICHARD-MOLARD, D. (1993): Mould growth and condition in cereal grains as affected by water activity and temperature. *Lett. Appl. Microbiol.* **17**, (1), 7-13.
- COUSIN, M.A., ZEIDLER, C.S. és NELSON, P.E. (1984): Chemical detection of mould in processed foods. *J. Food Sci.* **49**, 439- 444.
- DONALD, W.W., és MIROCHA, C.J. (1977): Chitin as a measure of fungal growth in stored corn and soybean seed. *Cereal. Chem.*, **54**, 466-477.
- GOLUBCHUK, M., CUENDET, L.S. és GEDDES, W.F. (1960): Grain storage studies: Chitin content of wheat as a n index of mold contamination and wheat deterioration. *Cereal. Chem.*, **55**, 121-126.
- GOURAMA, H. és BULLERMAN, L.B. (1995): Relationship between aflatoxin production and mold rowth as measured by ergosterol and plate count. *Lebensm. Wiss. u.-Technol.* **28**, 185-189.
- JARVIS, B. (1977): A chemical method for estimation of mould in tomato products. *J. Food Technol.* **12**, 581-591.
- JONSSON, A., WINQUIST, F., SCHNÜRER, J., SUNDGREN, H és LUNDSTRÖM, I. (1997): Electronic nose for microbial quality classification of grains. *Int. J. Food Microbiol.* **35**, 187-193.
- KAMINSKI, E., LIBBEY, L., M., STAWICKI, S. és WASOWICZ, E. (1972): Identification of the predominant volitale compounds produced by *Aspergillus flavus*. *Appl. Microbiol.* **24**, (5), 721-726.
- KAMINSKI, E., STAWICKI, S. és WASOWICZ, E. (1974): Volitale flavor compounds produced by molds of *Aspergillus*, *Penicillium*, and *Fungi imperfecti*. *Appl. Microbiol.* **27**, (6), 101-1004.



- LIN, H.H. és COUSIN, M.A. (1985): Detection of mold in processed foods by high performance liquid chromatography. *J. Food Prot.* **48**, 671-678.
- MAGAN, N. (1993): Early detection of mould growth in stored grain. *Aspects Appl. Biol.* **36**, 417-426.
- MARTIN, F., DELARUELLE, C. és HILBERT, J.-L. (1990): An improved ergosterol assay to estimate fungal biomass in ectomycorrhizas. *Mycological. Res.* **94**, (8), 1059-1064.
- NANDI, B. (1978): Glucosamine analysis of fungus-infected wheat as a method to determine the effect of antifungal compounds in grain preservation. *Cereal. Chem.*, **55**, 121-126.
- NOUT, M.J.R., BONANTS-van LAARHOVEN, T.M.G., de JONGH, és de KOSTER, P.G. (1987): Ergosterol content of *Rhizopus oligosporus* NRRL 5905 grown in liquid and solid substrates. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **26**, 456-461.
- RIDE, J.P., és DRYSDALE, R.B. (1971): A chemical method for *estimating Fusarium oxysporum f. lycopersici* in infected tomato plants. *Physiol. Plant. Pathol.*, **1**, 409-420.
- ROBIN, Y. és CHIOU, Y. (1997): Estimation of fungal infection of peanut kernels by determination of free glutamic acid content. *Appl. Environ. Microbiol.* **63**, (3), 1083-1087.
- SCHWAB, A.H., HARPESTAD, A.D., SWARTZENTRUBER A., LANIER, J.M. WENTZ, B.A., DURAN, A.P., BARNARD, R.J. és READ, JR. (1982): Microbiological quality of some spices and herbs in retail markets. *Appl. Environ. Microbiol.* **44**, (3), 627-630.
- SEITZ, L.M., MOHR, H.E., BURROUGHS, R. és SAUER, D.B. (1977a): Ergosterol as an indicator of fungal invasion in grains. *Cereal. Chem.* **54**, 1201-1217.
- SEITZ, L.M. és PAUKSTELIS, J.V. (1977b): Metabolites of *Alternaria alternata*: Ergosterol and ergosta - 4,6,8(14), 22 - tetraen - 3 - one. *J. Agric. Food Chem.* **25**, 838-843.
- SEITZ, L.M., SAUER, D.B. BURROUGHS, R., MOHR, H.E. és HUBBARD, J.D. (1979): Ergosterol as a measure of fungal growth. *Phytopathology*, **69**, 1202-1023.
- SEITZ, L.M., SAUER, D.B. és MOHR, H.E. (1982): Storage of high moisture corn: fungal growth and dry matter loss. *Cereal. Chem.* **59**, 2, 100-105.
- STAHMANN, M.A., ABRAMSON, P. és WU., L.C. (1975): A chromatographic method for estimating fungal growth by glucosamine analysis of diseased tissues. *Biochem. Physiol. Pflanzen*, **168**, 267-276.
- WU, L.C., STAHMANN, M.A. (1975): Chromatographic estimation of fungal mass in plant materials. *Phytopathology*, **65**, 1032-1034.
- YANG, H.C., NEMOTO, Y., HOMMA, T., MATSUOKA, H., YAMADA, S., SUMITA, O., TAKATORI, K. és KURATA, H. (1995): Rapid viability assessment of spores of several fungi by an ionic intensified fluorescein diacetate method. *Current Microbiol.*, **30**, (3), 173-176.

A munka a Lánzos Kornél - Szekfű Gyula Alapítvány támogatásával készült.