

GIDALARDA MİKOTOKSİN OLUŞUMUNU ETKİLEYEN FAKTÖRLER

THE FACTORS EFFECTING MYCOTOXIN FORMATION IN FOODS

Kudret ERZURUM

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Ankara

ÖZET: Gıdalarda mikotoksin oluşumu için gerekli olan önemli faktörler : nem (substrat nemi, kurutmadaki hızlilik, tekrar nemlenme, nisbi hava nemi), sıcaklık, mekanik zararlanma gibi fiziksel faktörler; CO₂, O₂, substratın kimyasal yapısı, substrata yapılan kimyasal uygulamalar ve gübreleme gibi kimyasal faktörler ve inokulum yoğunluğu, bitki dayanıklılığı, fungus streynleri arasındaki genetik farklılık gibi biyolojik faktörlerdir. Besinlerin uygun olmasının yanında fungal gelişme ve mikotoksin üretimi için gerekli olan en önemli faktörler sıcaklık ve substrat nemidir.

ABSTRACT: Essential factors necessary for mycotoxin formation in foods are physical factors such as moisture (moisture of substrate, speed of drying, re wetting, relative humidity), temperature, mechanical injury; chemical factors such as CO₂, O₂, chemical structure of the substrate, chemical treatments of the substrate, fertilization, and biological factors such as inoculum density, plant resistance, genetic difference in the between fungus strains. Along with the available nutrients, the most important factors for fungal growth and mycotoxin production are temperature and moisture of the substrate.

Giriş

Mikotoksinler, bazı miselial fungus türleri tarafından üretilen sekonder metabolitlerdir. Bu metabolitler fungal gelişmenin bir sonucu olarak gıdalarda oluşabilmekte ve gıdalarla birlikte alındıkları zaman insan ve hayvanlarda akut ve kronik karakterde mikotoksikozis olarak isimlendirilen toksik etkilere neden olabilmektedir.

İnsan besin zincirinde yer alan mikotoksijenik fungusların başlıcaları, *Aspergillus*, *Fusarium* ve *Penicillium* cinsleri içerisinde yer alır. *Fusarium* cinsi, hasat öncesi veya sonrası mikotoksin üreten zararlı bitki patojeni türleri içerirken, *Penicillium* ve *Aspergillus* cinslerinde yer alan türler kurutma sırasında ve sonradan depoda gıdaların bulaştırıcıları olarak daha yaygın bulunmaktadır.

Hemen hemen bütün bitkisel ürünler fungal gelişime ve de, bitki gelişimi, hasat, nakil, depolama ve işleme sırasında fungal gelişmeyi izleyen mikotoksin oluşumuna uygundur.

Gıdalardaki mikotoksinlerin ortaya çıkışı, fungusların mikotoksin oluşturan streynleri tarafından sentezlenmelerine bağlıdır. Bu sentezlenme işlemi, çevresel şartlara (özellikle nem ve sıcaklık), üretim ve depolama yöntemlerine ve ürün tipine bağlı olarak değişim gösterir.

Bu derlemede mikotoksin oluşturan fungusların gelişimlerinde ve mikotoksin oluşumunda rol oynayan önemli faktörler hakkında bilgi verilmiştir.

Mikotoksin Oluşumunu Etkileyen Faktörler

Mikotoksin oluşumunu etkileyen faktörler 3 grup altında toplanmaktadır :

1. Fiziksel faktörler [nem (substrat nemi, kurutmadaki hızlilik, tekrar nemlenme, nisbi hava nemi), sıcaklık, mekanik zararlanma, zaman]
2. Kimyasal faktörler (CO₂, O₂, substratın kimyasal yapısı, substrata yapılan kimyasal uygulamalar, gübreleme)
3. Biyolojik faktörler (İnokulum yoğunluğu, bitki dayanıklılığı, fungus streynlerindeki genetik farklılık, mikroorganizmaların değişim ilişkileri).

Mikotoksin oluşumunu etkileyen önemli faktörler; substratın kimyasal yapısı, substratın nemi, sıcaklık, pH değeri ve bulaşma oranıdır. Mikotoksin oluşumunu sağlayan kilit durum, substrattaki karbonhidratlar ve glikoz, sakkaroz, glisin, asparagin gibi amino asitlerin varlığıdır (KIELSTEIN 1993).

Besinlerin varlığının yanında, fungal gelişme ve mikotoksin üretimi için gerekli olan en önemli faktörler sıcaklık, su aktivitesi ve oksijendir (NORTHOLT ve ark. 1996).

Penicillium türlerinin çoğu, *Aspergillus* türlerinden daha düşük minimum bir sıcaklık sınırında gelişirler. Çoğu *Penicillium* türü için optimum sıcaklık 25-30 °C iken *Aspergillus* türlerinin çoğu için bu sınır 30-40 °C arasındadır. Maksimum sıcaklıklar *Penicillium* spp. için 28-35 °C iken *Aspergillus* spp. için 37-45 °C' dir. Çeşitli *Fusarium* türleri 8-15 °C' lik düşük optimum sıcaklık isteklerinden dolayı psychrophilic olarak da kabul edilebilmektedir.

Gelişme faktörü olan su aktivitesi (aw), fungus gelişimi için uygun olan gıdalardaki serbest suyun ölçümüdür. Funguslar genellikle bakterilerden çok daha düşük minimum bir su aktivitesi isteğine sahiptir. Bu durum çoğu ürünlerin niçin bakterilerce çürütülmediğini açıklamaktadır. Gıdalardaki fungal gelişme, 0.65 su aktivitesinin altında bir düzeye kadar ürünlerin kurutulması ve bu düzeyin altında muhafaza edilmesiyle önlenir. Bununla birlikte, eğer depolanmış üründe sıcaklık üniform değilse, soğuk bölgelere nem göçü nedeniyle su aktivitesi lokal olarak yükselir, böylece de fungal gelişmeye yol açar. Önemli fungus türlerinin gelişimi için gerekli minimal su aktivitesi değerleri Çizelge 1' de verilmiştir.

0.75'in altındaki su aktivitesinde gelişebilen funguslar depo fungusları olarak isimlendirilir. Bu funguslar: *Eurotium* türleri, *Aspergillus halophilicus*, *A. restrictus*, *Wallemia sebi* ve *Xeromyces bisporus*' dur. Bu değerler altında su aktivitesine sahip ürünler içerisinde kuru meyve, süt tozu, tahıllar ve bazı unlu mamuller yer alır.

Aflatoksin B₁, üreticisi fungusların gelişmesi için gerekli olan minimum değerlere yakın sıcaklık ve su aktivitesi şartlarında oluşur. Patulin, penicillic asit ve ochratoksin A, üreticisi fungusların gelişmesi için gerekli olandan çok daha düşük sıcaklık ve su aktivitesi sınırlarında oluşur.

Aspergillus spp.' nin gelişmeleri ve mikotoksin üretimi için minimum sıcaklık isteği, *Penicillium* spp. için olandan çok daha yüksektir. Gelişme ve mikotoksin üretimi daima aynı anda meydana gelmez.

Oksijen, genellikle fungusların gelişimi için gereklidir, fakat bazı türler etanol ve organik asitler oluşturarak anaerobik şartlar altında da gelişebilirler. Oksijen aynı zamanda mikotoksinlerin üretimini de etkiler. Patulin ve penicillic asit üretimi düşük oksijen konsantrasyonlarında belirgin bir şekilde azalırken, fungal gelişme önemli derecede etkilenmemiştir. Aflatoksinlerin üretimi %1' den daha düşük oksijen konsantrasyonunda önemli oranda engellenmiştir (LANDERS ve ark. 1967).

Substratın pH' sı ve substrat içeriğinin, türlerin gelişmesi üzerine etkisi tam olarak ortaya konmamıştır. Bununla birlikte, bu faktörler mikotoksin oluşumunu büyük oranda etkileyebilmektedir. Örneğin, aflatoksin oluşumu bazı amino asitler, yağ asitleri ve çinko elementinin varlığı ile büyük oranda teşvik edilmiştir.

Diğer mikroorganizmaların varlığı, gelişmeyi ve mikotoksin oluşumunu engelleyebilmektedir. Taze et üzerinde fungal gelişmenin olmayışı, buradaki bakterilerin hızlı gelişimi ile açıklanabilir. Bazı funguslar diğer fungusların gelişimini engellemektedir. Örneğin, *Aspergillus flavus*, diğer fungusların varlığında çok az aflatoksin oluşturmaktadır (NORTHOLT ve ark. 1996).

Aflatoksinler

Başlıca aflatoksin üreticisi olan *Aspergillus flavus* ve *A. parasiticus*, 10-12 °C' den 42- 43 °C' ye kadar olan sıcaklık sınırlarında gelişir, optimum sıcaklık istekleri 32-33 °C' dir. Aflatoksinler, 12-40 °C lik sıcaklık sınırlarında üretilir. Aflatoksin üreten her iki tür de 2.1 ila 11.2' lik pH değerleri arasında gelişebilirken, optimum pH istekleri 3.5-8 arasındadır. Aflatoksinler de bu pH değerleri arasında üretilmektedir. Aflatoksinlerin optimum pH istekleri 6.0 civarındadır. Fungusların gelişimi için optimum su aktivitesi 0.99, minimum değerler ise 0.80-0.83' dür. *A. flavus*' un gelişmesi için gerekli minimum su aktivite değeri 0.82 olarak bildirilmiştir. Fungusun 0.99 su aktivitesinde aflatoksin ve cyclopiazonic asitin her ikisini de ürettiği saptanmıştır. *A. flavus* ve *A. parasiticus*' un aflatoksin üretme yetenekleri arasında farklılıklar vardır. *A. parasiticus* aflatoksin B ve G üretmektedir. Ayrıca bu türün izolatları *A. flavus*' dan daha yüksek konsantrasyonlarda aflatoksinler üretme yeteneğindedir. *A. flavus* ise yüksek oranda aflatoksin üretmeyen izolat içerir ve sadece B grubu aflatoksinleri

Çizelge 1. Gıda Kökenli Fungusların Gelişimi İçin Gerekli Olan Minimal Su Aktiviteleri (a_w) (NORTHOLT ve ark. 1996)

Türler	Minimal a_w değerleri	Türler	minimal a_w değerleri
<i>Alternaria alternata</i>	0.85-0.88	<i>Geomyces pannorum</i>	0.92
<i>Aspergillus candidus</i>	0.75-0.78	<i>Mucor circinelloides</i>	0.90
<i>Asp. clavatus</i>	0.85	<i>M. racemosus</i>	0.94
<i>Asp. flavus</i>	0.78-0.80	<i>M. spinosus</i>	0.93
<i>Asp. fumigatus</i>	0.85-0.94	<i>Neosartorya fischeri</i>	0.925
<i>Asp. ochraceus</i>	0.76-0.83	<i>Paecilomyces variotii</i>	0.79-0.84
<i>Asp. parasiticus</i>	0.78-0.82	<i>Penicillium</i>	0.79-0.85
<i>Asp. penicillioides</i>	0.73-0.77	<i>aurantiogriseum</i>	0.78-0.82
<i>Asp. restrictus</i>	0.71-0.75	<i>P. brevicompactum</i>	0.78-0.80
<i>Asp. sydowii</i>	0.78-0.81	<i>P. charlesii</i>	0.78-0.81
<i>Asp. tamarii</i>	0.78	<i>P. chrysogenum</i>	0.80-0.82
<i>Asp. terreus</i>	0.78	<i>P. citrinum</i>	0.83
<i>Asp. versicolor</i>	0.78	<i>P. commune</i>	0.90
<i>Asp. wentii</i>	0.73-0.75	<i>P. digitatum</i>	0.82-0.85
<i>Botrytis cinerea</i>	0.93-0.95	<i>P. expansum</i>	0.81-0.85
<i>Byssoschlamys nivea</i>	0.84-0.92	<i>P. griseofulvum</i>	0.83-0.86
<i>Chrysosporium xerophilum</i>	0.71	<i>P. islandicum</i>	0.88
<i>Ch. fastidium</i>	0.61	<i>P. oxalicum</i>	0.83
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	0.86-0.88	<i>P. roqueforti</i>	0.85
<i>Cl. herbarum</i>	0.85-0.88	<i>P. rugulosum</i>	0.81-0.83
<i>Epicoccum nigrum</i>	0.86-0.90	<i>P. verrucosum</i>	0.85
<i>Eurotium amstelodami</i>	0.71-0.76	<i>Phytophthora infestans</i>	0.75-0.77
<i>E. chevalieri</i>	0.71-0.73	<i>Polypaecilum pisce</i>	0.90
<i>E. echinulatum</i>	0.64	<i>Pythium splendens</i>	0.96
<i>E. repens</i>	0.72-0.74	<i>Rhizoctonia solani</i>	0.93
<i>E. rubrum</i>	0.70-0.71	<i>Rhizopus stolonifer</i>	0.94
<i>Exophiala werneckii</i>	0.77-0.78	<i>Stachybotrys chartarum</i>	0.94
<i>Fusarium avenaceum</i>	0.87-0.91	<i>Thamnidium elegans</i>	0.90
<i>F. culmorum</i>	0.87-0.91	<i>Trichothecium roseum</i>	0.90
<i>F. graminearum</i>	0.89	<i>Verticillium lecanii</i>	0.69-0.75
<i>F. oxysporum</i>	0.87-0.89	<i>Wallemia sebi</i>	0.61
<i>F. poae</i>	0.89	<i>Xeromyces bisporus</i>	
<i>F. solani</i>	0.87-0.90		
<i>F. sporotrichoides</i>	0.86-0.88		
<i>F. tricinctum</i>	0.89		
<i>F. verticillioides</i>	0.87		

Önemli mikotoksinlerin oluşumunu ve üreticisi türlerinin gelişimini etkileyen faktörler *Aspergillus* mikotoksinleri

üretir. Koruyucu bir film tabakası ile gıdaların paketlenmesi durumunda, değişen atmosferden dolayı mevcut oksijenin azalması sonucunda *A. flavus* ve *A. parasiticus* tarafından aflatoksin üretiminin engellendiği saptanmıştır (WHEELER ve ark. 1991, GOALENI ve ark. 1997).

Gelişme ortamındaki çeşitli karbonhidrat ve nitrojen kaynakları, fosfatlar, lipoperoksitler ve iz metalleri içeren çok sayıda besinsel faktörlerin aflatoksin üretimini etkilediği bilinmektedir. Bu faktörlerin aflatoksin biyosentezini düzenlemek için nasıl etki ettiği açık değildir. Etkilerin çoğu primer metabolizmaya etki etmesinden dolayı gerçekte indirekt etki şeklinde ortaya çıkmaktadır. Aflatoksin biyosentezinin direkt kontrolü kopyalanma düzeyinde gerçekleşir. *A. nidulans'* da 25 adet gen birlikte düzenlenerek sterigmatocystin biyosentezinde yer alır. Son zamanlarda mikotoksin üretiminin, *A. nidulans* ve *A. parasiticus'* da eşeysiz sporulasyona bağlı olduğu gösterilmiştir (SWEENEY ve ark. 1998).

Ochratoksinler

En önemli ochratoksin üreticisi olan *Aspergillus ochraceus*, *A. parasiticus*' dan daha yavaş gelişir. Fungus, 8 °C' den 37 °C' ye kadar olan sıcaklık sınırlarında gelişir, optimum gelişme 24-37 °C' ler arasındadır. Ochratoksin, 12-37 °C' ler arasında üretilir. Ochratoksin üretimi için gerekli optimum sıcaklık derecesi 31 °C' dir. *A. ochraceus* en iyi 3 ila 10 arasındaki pH değerleri arasında gelişir. Fungusun gelişme gösterdiği minimum pH değeri 2.2' dir. *A. ochraceus*' un gelişimi için optimum su aktivitesi değeri 0.95-0.99 olmasına rağmen, fungus 0.77 gibi düşük su aktivitesinde de gelişebilmektedir. Ochratoksin üretimi için optimum su aktivitesi, üreticisi fungusun gelişmesi için gerekli olan su aktivitesi ile aynıdır, ancak ochratoksin 0.80 gibi düşük su aktivitesinde de üretilebilmektedir(WHEELER ve ark. 1991, SWEENEY ve ark. 1998).

Sterigmatocystin

En önemli sterigmatocystin üreticisi olan *Aspergillus versicolor*' un gelişme istekleri *A. ochraceus*' unkiye benzer, ancak *A. versicolor* düşük pH' ya daha az toleranttır. *A. versicolor* xerophil bir fungustur. Fungusun 0.75' lik su aktivitesi değerinde geliştiği bildirilmiştir. *A. versicolor*' da toksin üretimini etkileyen faktörler hakkında çok az bilgi bulunmaktadır (SWEENEY ve ark. 1998).

Penicillium mikotoksinleri

Ochratoksin

Sıcak iklimlerde ochratoksinin ana üreticisi *Penicillium verrucosum*, 0 °C' den 31°C' ye kadar olan sıcaklık sınırlarında gelişir, optimum gelişme sıcaklığı 20 °C' dir. Fungus bir xerophildir, 0.80 su aktivitesinde gelişme yeteneğindedir. PH 2.1 ila 10 arasında gelişir, optimum pH değeri 6.0 ila 7.0 arasındadır. Bu faktörler soğuk iklimlerde de bu streynlerin gelişmesine izin verir. Ochratoksin bütün sıcaklık sınırlarında üretilebilir, optimum sıcaklık 20 °C' dir. Gerçekte önemli düzeyde ochratoksin üretimi, 0.86 gibi düşük su aktivitesinde ve 4 °C' de meydana gelebilir (SWEENEY ve ark. 1998).

Patulin

En önemli patulin üreticisi *Penicillium expansum* bir psikrofilidir, 0 °C' de oldukça kuvvetli gelişir, fakat aynı zamanda -2 ila -3 °C' de de gelişir. Optimum gelişme sıcaklığı 25 °C, maksimum ise 35 °C' dir. Çimlenme için minimum su aktivitesi değeri 0.82 ila 0.83' dür. Toksin üretimini etkileyen faktörler hakkında bilinenler çok azdır, fakat bir rapor patulin üretimi için 0.95' lik minimum su aktivitesi değerini bildirmiştir. Patulin üretimi üzerine diğer bir rapor elma sularında pH 3.2 ila 3.8' lik dar sınırlarda olduğuna dairdir (HOCKING ve PITT 1979, SWEENEY ve ark. 1998).

Citrinin

Citrinin üreticisi *Penicillium citrinum* 5 ila 40 °C' lik sıcaklık sınırlarında gelişen bir mesophildir, optimum gelişme sıcaklığı 26-30 °C' ler arasındadır. Fungus 2-10 arasındaki pH sınırlarında gelişir, optimum pH değeri 5 ila 7 arasındadır. *Penicillium citrinum*, gelişme için 0.80 ila 0.84 arasındaki minimum su aktivitesi isteği ile xerophildir. Citrinin, 15 °C' den 37 °C' ye kadar olan sıcaklık sınırlarında ve optimum 30 °C' de üretilir, fakat toksin üretimi üzerine su aktivitesinin etkisine ilişkin bilgi yoktur (SWEENEY ve ark. 1998).

Fusarium mikotoksinleri

Trichothecenler

Fusarium graminearum, tahılların önemli bir patojenidir. Fungusun özellikle buğdayda deoxynivalenol, nivalenol ve zearalenone ürettiği bilinmektedir (BOTTALICO ve ark. 1983, VISCONTI ve ark. 1990). *Fusarium graminearum* en yaygın toksijenik *Fusarium* türüdür. Optimal gelişme sıcaklığı 24-26 °C' ler arasındadır ve minimum su aktivite değeri 0.90' dir. Fungusun gelişmesi üzerine pH' nın etkisi sıcaklığa bağlıdır, minimum pH değerleri 30 °C' de 2.4, 25-37 °C' de 3.0 olarak bildirilmiştir (WHEELER ve ark. 1991). Toksin üretimi gelişme

şartlarıyla büyük oranda aynıdır. *F. sporotrichioides*, T-2 toksin deoxynivalenol, nivalenol ve zearalenone üretir (SINGH ve ark. 1991, SMITH ve MOSS 1985). Fungusun optimum gelişme sıcaklığı 22.5-27.5 °C' ler arası, maksimum 35 °C, minimum -2 °C' dir. Bu türde toksin üretimini etkileyen fizyolojik faktörler hakkında bilinenler çok azdır. *F. culmorum* bir psychrotrophic türdür ve bu tür deoxynivalenolün önemli üreticisidir. Fungus 0°C' de gelişme yeteneğindedir, optimum gelişme sıcaklığı 21°C, maksimum 31°C' dir. 25 °C' nin üzerindeki sıcaklıklarda aynı zamanda zearalenone da üretebilmektedir (BOTTALICO ve ark.1982).

Fumonisinler

Fumonisin B₁ üreticisi *Fusarium moniliforme*' nin optimum gelişme sıcaklığı 22.5-27.5°C' ler arasında, minimum 2-5 °C ve maksimum 32-37 °C' ler arasındadır. Bu tür, 0.87 minimum su aktivitesi değerinde gelişir, 0.92 su aktivitesi değerinde toksin üretimi rapor edilmiştir (MARIN ve ark. 1995). 0.85 ve 0.86 su aktivitesi eşliğinde, *F. moniliforme* tarafından toksin üretilmemektedir (CAHAGNIER ve ark. 1995). Fumonisin B₁, B₂ ve B₃' ün önemli bir üreticisi olan *F. proliferatum*, *F. moniliforme*' ye benzer gelişme şartlarına sahiptir. Toksin üretimi 25 °C' de 30 °C' den daha yüksektir ve bu tür 0.92-0.97 su aktivitesi sınırlarında üretilebilmektedir. Ayrıca psychrotrophic bir tür olan *F. subglutinans* fumonisin B₁ ve moniliformin üreticisidir, 5 °C' de gelişme yeteneğinde iken 37 °C' de gelişmez. *Fusarium* türlerinde fumonisin üretiminin anaerobik gelişme şartları altında görüldüğü bildirilmiştir (MUSSER ve PLATTNER 1997).

KAYNAKLAR

- BOTTALICO, A., LERARIO, P. and VISCONTI, A. 1983. Mycotoxins occurring in *Fusarium* infected maize ears in the field, in some European countries. Proc. Int. Symp. Mycotoxins, 375-382.
- BOTTALICO, A., VISCONTI, A., and LERARIO, P. 1982. Effect of temperature on zearalenone production by isolates of *Fusarium* from cereals, in Italy. Phytopathol. Mediterranean. 21 : 78-82.
- CAHAGNIER, B., MELCION, D., and RICHARD-MOLARD, D. 1995. Growth of *Fusarium moniliforme* and its biosynthesis of fumonisin B1 on maize grain as a function of different water activities. Lett. Appl. Microbiol. 20 : 247-251.
- GQALENI, N., SMITH, J.E., LAVCEY, J., and GETTINBY, G. 1997. Effects of temperature, water activity and incubation time on production of aflatoxins and cyclopiazonic acid by an isolate of *Aspergillus flavus* in surface agar culture. Appl. Environ. Microbiol. 63 : 1048-1053.
- HOCKING, A.D., and PITT, J.I. 1979. Water relations of some *Penicillium* species at 25 °C. Trans. Br. Mycol. Soc. 73 : 141-145.
- KIELSTEIN, P. 1993. Pilze als Krankheitserreger bei Mensch und Tier, "Allgemeine Mykologie, H. Weber, Gustav Fischer Verlag Jena-Stuttgart". 467-505.
- LANDERS, K.E., DAVIS, N.D. and DIENER, U.L. 1967. Influence of atmospheric gases on aflatoxins production by *Aspergillus flavus* in peanuts. Phytopath. 57 : 1086-1090.
- MARIN, S., SANCHIS, V., VINAS, L., CANELA, R., and MAGAN, N. 1995. Effect of water activity and temperature on growth and fumonisin B1 and B2 production by *Fusarium proliferatum* and *F. moniliforme* on maize grain. Lett. Appl. Microbiol. 21 : 298-301.
- MUSSER, S.M. and PLATTNER, R.D. 1997. Fumonisin composition in cultures of *Fusarium moniliforme*, *Fusarium proliferatum* and *Fusarium nygamai*. J. Agri. Food Chem. 45 : 1169-1173.
- NORTHOLT, M.D., FRISVAD, J.C. and SAMSON, R.A. 1996. Occurrence of food-borne fungi and factors for growth. In : Introduction to Food-borne Fungi. Eds. Samson, R.A., Hoekstra, E.S., Frisvad, J.C., Filtenborg, O. CBS, 3740 AG BAARN, The Netherlands, pp. 243-250.
- SINGH, K., FRISVAD, J.C., THRANE, U., and MATHUR, S.B. 1991. An illustrated Manual on Identification of Some Seed-borne *Aspergilli*, *Fusaria*, *Penicillia* and Their Mycotoxins. 1. Edition. 133s.
- SMITH, J.E., and MOSS, M.O. 1985. Mycotoxins : Formation, Analysis and Significance. John Wiley and Sons. New York. 146 s.
- SWEENEY, M.J. and DOBSON, A.D.W. 1998. Mycotoxin production by *Aspergillus*, *Fusarium* and *Penicillium* species. International Journal of Food Microbiology 43 : 141-158.
- VISCONTI, A., CHELKOWSKI, J., SOLFRIZZO, M. and BOTTALICO, A. 1990. Mycotoxins in corn ears naturally infected with *Fusarium graminearum* and *F. crockwellense*. Can. J. Plant Pathol., 12 : 187-189.
- WHEELER, D.J., HURDMAN, B.F., and PITT, J.I. 1991. Influence of pH on the growth of some toxigenic species of *Aspergillus*, *Penicillium* and *Fusarium*. Int. J. Food Microbiol. 12 : 141-150.