

Derleme

MİKOTOKSİNLERİN ÖNLENMESİNDE KULLANILAN BAZI YÖNTEMLER I. FİZİKSEL YÖNTEMLER

Onur KESER¹

Halil Can KUTAY¹

Geliş Tarihi : 25.02.2008

Kabul Tarihi : 30.06.2008

Some Preventive Methods For Mycotoxins I. Physical Methods

Summary: Significant economical losses may occur by contamination of foods and feeds with molds. Mycotoxins, which are secondary metabolites of moulds, affect human health and animal performance negatively. Therefore practical and efficient preventive strategies are needed such as physical methods including; mechanical process, density segregation, thermal inactivation and irradiation beside chemical and biological methods.

Key Words: Mycotoxin, detoxification, physical methods

Özet: İnsan gıdası ve hayvan yemlerinin mantarlar tarafından kontamine edilmesi ile önemli bir ekonomik kayıp oluşmaktadır. Mantarların sekonder metaboliti olan mikotoksinler insan ve hayvan sağlığını, hayvansal verimi olumsuz yönde etkilemekte ve bu nedenle pratik ve etkili önleyici stratejilere gereksinim duyulmaktadır. Kimyasal ve biyolojik yöntemler yanında mikotoksinlerin etkilerini ortadan kaldırmak için fiziksel yöntemler içerisinde mekanik işlemler, dansite ayrımı, termal yolla inaktivasyon ve ışıl işlemler sayılabilir.

Anahtar Kelimeler: Mikotoksin, detoksifikasyon, fiziksel metodlar.

Giriş

Mikotoksinler mantarlar tarafından üretilen, hayvanlarda ve insanlarda toksik etkiler (mycotoxicosis) yaratan sekonder metabolitlerdir. Dünyada yaklaşık 100.000 küf cinsi tanımlanmış olup bunların 400'den fazlası potansiyel olarak toksik kabul

edilmektedir (12). Yetiştiriciler için hayvan yemlerinin mikotoksinlerle kontaminasyonu önemli bir sorundur. Bu toksik maddeler tarladaki ve depodaki yemlerde ve nemli koşullarda üremesi engellenemez küf mantarlarından köken almaktadır. Mikotoksin içeren yemlerle besleme hayvanlarda ölümlerle sonuçlanabilen ciddi hastalıklara neden olmakta ve çok büyük maddi kayıplara yol açmaktadır. Örneğin mısır patojenleri olarak bilinen *Fusarium verticillioides* ve *Fusarium proliferatum* tarafından üretilen fumonisinler ise Güney Afrika ve Çin'de özefagus kanseri insidensindeki artıştan sorumlu tutulmakla birlikte (19), fumonisin B1 atlardaki equine leukoencephalomalacia (24) ve domuzlardaki hidrotoraks ve pulmonar ödem hastalığıyla ilişkilendirilmiştir (16). Çeşitli *Penicillium* ve *Aspergillus* türlerinden kaynaklanan okratoksin A buğday, mısır ve yulaf yanında enfekte olmuş yemlerle beslenen hayvanlardan elde edilen peynir ve et ürünlerinde de rastlanılmaktadır (2).

Mikotoksinlerin insan ve hayvan sağlığı üzerindeki olumsuz yan etkilerinden dolayı pratik ve etkili önleyici stratejilere gereksinim duyulmaktadır. Henüz gelişme aşamasında olan detoksifikasyon stratejileri içerisinde; fiziksel yöntemler olarak mekanik işlemler, dansite ayrımı, termal yolla inaktivasyon ve ışıl işlemler etkili şekilde uygulanabilmektedir.

Fiziksel Yöntemler

1. Mekanik işlemler

Tane yemlerde kontamine olan kısmın temiz kısımdan fiziksel olarak ayrılması ile toksin düzeyi temiz üründeki düzeye çekilebilmekle beraber bu yöntem mikotoksinle bulaşık tanelerin tamamen ayıklanamama ihtimali ve işlem sırasında temiz tanelerin de uzaklaştırılabilmesi riski nedeniyle çok pratik bir uygulama değildir (31). Sydenham ve ark. (39) ayıklama yoluyla kırık ve mantarla enfekte tanelerin temizlenmesi işlemiyle fumonisin konsantrasyonunun %26-69 oranında azaltılabileceğini bildirmiştir. Aynı şekilde Abbas ve ark. (1)'nin temizleme prosedürü içerisinde bulunan enfekte kabuk kısmın ayıklanması ile buğday ve arpadaki deoxynivalenol konsantrasyonunun % 5.5-19 oranında azaltılabildiğini belirtmesiyle birlikte Scudamore ve ark. (37) bu yöntemle arpalarda okratoksin A'nın ancak % 2-3 oranında azaltılabildiğini bildirmişlerdir. Ne var ki bu yöntem mikotoksinleri yok etmemekte sadece üründen uzaklaştırılmasında etkili olmaktadır (6). Tahıllarda mikotoksin oluştuktan sonra korunma yöntemleri sınırlı olmakla birlikte öğütme işlemi ile toksin düzeyi % 50'ye varan oranda azaltılabilmektedir (23). Ancak bu etki tahıllarda olmaktadır ve bunun nedeni mantar ve dolayısıyla toksinin dış kabukta bulunmasıdır. Mikotoksinli kısım öğütme işlemi ile üründen ayıklanabilmektedir. Hayvan sağlığı açısından esas tehlike bu kısımların beslemede kullanılmasıdır (27). Mısırlarda hasat sonrası tüketime sunulmadan önce üründen koçanın ayıklanması ve tanelerin dış kabuğunun ayrılması işlemi yaygın bir

¹ İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, Avcılar, İstanbul-TÜRKİYE

uygulamadır (13). Çeşitli mekanik ekipmanlarla günümüzde bu işlemi yapmak oldukça kolay olmakla birlikte uygulama sırasında oluşabilecek dikkatsizlikler üründe hasara yol açarak mantar enfeksiyonu ile beraber mikotoksin kontaminasyonu riskini de artırabilmektedir (21). Mekanik olarak koçandan ayıklama ve tanelerin dış kabuğunun ayrılması işleminin mısırlarda *Fusarium* enfeksiyonu ve fumonisin kontaminasyonu üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada Fandohan ve ark. (13), tanelerin dış kabuğunun mekanik olarak ayıklanmasının fumonisin için etkili bir dekontaminasyon metodu olduğunu bildirmiş, fakat koçandan ayıklama işlemi için önemli derecede dikkat gerektiği ve işlem sırasında hasara uğrayan tanelerin ayıklanması gerektiğini vurgulamıştır.

2. Dansite ayrımı

Dansite ayrımı mikotoksinle kontamine olmuş tane ve yağlı tohumların değişik yoğunluktaki çözeltilerde (örn: NaCl) yüzdürülmesi ile ayrılması esasına dayanmaktadır. Yapılan araştırmalar özellikle aflatoksin içeren tahıl tanelerinin normal tanelerden daha düşük yoğunluğa sahip olduğunu göstermiştir (18, 28) ve bu metotla tahıllardaki aflatoksin konsantrasyonu önemli ölçüde azaltılabilmektedir. Dansite ayrımı ile kontaminasyon düzeyindeki azalma özellikle mısır ve buğdaydaki deoksinivalenol ve zearalenon için kesin olarak kanıtlanmıştır (20). Huff (18) düşük dansiteli tanelerin sükröz çözeltisi kullanarak ayıklanmasıyla aflatoksin düzeyinin % 90 oranında azaltılabildiğini bildirmiştir. Prathap Kumar ve ark. (33), su, %10, %20, %30 ve doymuş NaCl çözeltisi kullanarak yaptığı dansite ayrımı metodunda doymuş NaCl çözeltisi sayesinde düşük yoğunluğa sahip fumonisin-B1 ile kontamine mısır tanelerinin % 86'ya varan oranda elenebildiğini belirterek %30 ve daha yüksek yoğunluktaki NaCl çözeltisi kullanmanın etkili bir dekontaminasyon yöntemi olduğunu bildirmiştir.

3. Isı uygulaması

Aflatoksinle beraber diğer mikotoksinlerin de sahip oldukları ısıya dayanıklılık özellikleri nedeniyle suda kaynatma yada otoklavdan geçirme gibi uygulamalarla ancak kısmi olarak yıkımlanabilmektedir (10). Yerfıstığında kavurma işlemi ile aflatoksin düzeyinin % 45-85 oranında azaltılabildiği (22) bildirilmesine karşın gıda ürünlerinde ısı uygulama işlemlerinin fumonisin ve zearalenon düzeyinde azaltıcı etkisinin olmadığı görülmüştür (20). Birçok mikotoksinin değişik ısı işlemlerine karşı stabilitesi olduğu bazı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (32, 36). Doğal olarak aflatoksinle kontamine olmuş mısır unundan yapılan ekmeklerde fırında piştikten sonra başlangıç miktarının yaklaşık % 87' si kadar aflatoksin içerdiği görülmüştür (38). Buna karşın aflatoksin B1 ile kontamine pirinçlerin sıradan pişirme işlemiyle aflatoksin düzeyinin % 34, basınç altında pişirme işlemiyle de % 78-88 düzeyinde azalma olduğu bildirilmiştir (29, 30). Isı muamelesi ile birlikte yapılan kurutma işleminin etkisinin incelendiği bir çalışmada Gowda ve ark. (15) mısır kırmastı, buğday kepeği ve yerfıstığı küspesinden

oluşan ve 350 ppb aflatoksin B1 içeren rasyonların bir kısmını sıcak havalı kurutma fırınında 80 °C'de 6 saat, diğer kısmını ise güneş altında 25-37 °C'de 14 saat kurutma işlemine tabi tutmuşlar ve yapılan incelemede sıcak hava ile yapılan kurutma işleminin % 56, güneş ışığında yapılan kurutmanın ise % 87.3 oranında aflatoksin içeriğinde azaltma yarattığını bildirmişlerdir. Okratoksinin ısıya karşı stabil olduğu ve ekme yapımı sırasında fırınlamanın konsantrasyonda bir azalma yaratmadığı bildirilmesine karşın (37) su içinde ve basınç altında pişirmenin fasulyelerde % 84'e yakın okratoksinde azalma yarattığı görülmüştür (25). Aynı şekilde yulaf ezmelerinin % 50 su ile beraber otoklavlanmasının okratoksinde % 74 azaltma yaptığı bununla beraber kuru otoklavlama işleminin yulaf ezmesi ve pirinç hububatında okratoksin bakımından daha fazla kayıp (%86-87.5) yarattığı bildirilmiştir (40). Fumonisin B1 de kaynama sıcaklığına karşı oldukça dayanıklı bir mikotoksinidir. *Fusarium verticilloides* kültürü içeren bir materyalin 30 dakika suda kaynatılması ve 60 °C'de 24 saat kurutma işlemine tabi tutulması sonucunda fumonisin B1 bakımından herhangi bir azalmaya rastlanılmadığı bildirilmekle (3) birlikte daha yüksek sıcaklığın bir miktar azaltma yaratabileceği de gösterilmiştir. Örneğin Castelo ve ark. (8) 5 µg/g oranında yapay olarak fumonisin B1 ile kontamine edilmiş mısır küspesi numunelerinin 15 dakika süreyle 218 °C altında işleme tabi tutulmasıyla fumonisin B1'in tamamı yakın kısmının kaybolduğunu bildirmişlerdir. Gıda ve yem sektöründe yaygın olarak kullanılan ekstrüzyon (gıda ve yemlerin basınç altında kalıplardan geçirilerek istenilen şeklin verilmesi) işleminin mikotoksinleri azaltıcı yada ortadan kaldıracı etkisi ile ilgili çalışmalar da yapılmaktadır. Ekstrüzyon işlemine bağlı olarak mikotoksin konsantrasyonundaki azalma miktarı ekstrüzyon sıcaklığı, sıkıştırma hızı, ekstrüzyon işlemi sırasındaki nem miktarı ve ürünün ekstruder içerisinde kalma süresine göre değişim göstermektedir. Sayılan bu faktörler içerisinde en etkilisinin ekstrüzyon sıcaklığı ve süresi olduğu görülmektedir. Ekstrude edilen ürünlerdeki mikotoksin konsantrasyonundaki en yüksek azalma 160 °C'de yapılan işlem sırasında olmaktadır (7).

4. Işın uygulaması

Işınlama işleminin gıda ve yemlerdeki mantarların elimine edilmesi üzerine olan etkileri ile ilgili ilk bildiri 1950 yılının sonlarında sunulmuştur. Gama ışınının toksijenik *A. flavus* üzerine etkisi ile ilgili bilinen ilk çalışma 1970 yılında Frank ve ark. (14) tarafından yapılmıştır. İzole edilmiş *A. flavus* üzerine 1.6-2.4 kGray gücünde ışınlama yapılması bu mantar cinsinin canlılığında % 30 azaltma yapmıştır. Yakın zamanda yapılan çalışmalarda bitkisel saplementlerin 8 kGray gücünde gama ışınlama yapılarak sterilizasyonu ile *A. flavus* dahil tüm mikroorganizmalar başarı ile elimine edilebilmiştir (9). Bu bağlamda mantar türü, depolama şartları, rutubet ve uygulanan ışın dozunun küf oluşumu ve toksin üretimini etkilediğini belirten Mitchell (26) taze tahılların depolanma ömrünün 10 kGy'lik iyonize edici ışın dozundan daha düşük dozlarda (4-6 kGy) ışın

uygulanmasıyla 100 güne kadar uzatılabileceğini bildirmiştir. Cuero ve ark. (11) 1-2 kGray gama ışınlamayla mısır tohumlarında *aspergillus* türlerini elimine edebilmesine karşın Russell ve ark. (35) aynı tohumlarda 0.019 dan 10.0 kGray'a kadar farklı dozlarda gama ışınlama ile *Fusarium verticilloides* cinsi mantarın canlılığında herhangi bir azalma yaratamamışlardır. Işınlama işleminin mikotoksin etkenleri yanında oluşan mikotoksinler üzerine etkilerinin de incelendiği araştırmalar mevcuttur. Mısır, buğday ve soya fasulyesindeki aflatoksin B1'in, buğdaydaki T-2'nin, soya fasulyesindeki deoksinivalenol'un mısırdaki zearalenon'un ışınla eradike edilmesi üzerine çalışma yapan Hooshmand ve Klopfenstein (17), 20 kGray gibi yüksek dozdaki gama ışınınun aflatoksin B1 düzeyini etkilemediğini fakat deoksinivalenol ve zearalenon düzeyinin 10 ve 20 kGray dozda, T-2 nin ise 7.5 kGray dozda gama ışını ile önemli derecede azaldığını bildirmişlerdir. Aynı şekilde Aziz ve Youssef (5) 5 kGy'lik ışın dozunun çeşitli gıda ve tarım ürünlerinde küf üremesini tamamen engellediğini ve 10 kGy'lik ışın dozunun ise aflatoksini % 82-88, zearalenonu % 88-94 ve okratoksin A'yı % 44-48 oranında detoksifiye ettiğini bildirmişlerdir. Diğer yandan Refai ve ark. (34) 15-20 kGy dozundaki ışın uygulanmasının sarı mısır ve soya fasulyesinde okratoksin A'nın tamamen yıkımlanmasında başarılı olduğunu göstermişlerdir. Yakın zamanda Aziz ve Moussa (4) tarafından yapılan bir çalışmada 5 kGy ışın dozu mısır, nohut ve yerfıstığında toksijenik küfleri ve mikotoksin oluşumunu inhibe ettiği ve 6 kGy'lik dozun ise aflatoksini % 74.3-76.7, okratoksin A'yı % 51.3-96.2 ve zearalenon'u yaklaşık % 78 oranında detoksifiye ettiği görülmüştür.

S o n u ç

Mikotoksinler hayvan beslemede önemli sorunlara neden olmaktadır. Neden oldukları mikotoksikozis birçok verim kaybı ve sağlık sorunlarına yol açarak ekonomik kayıba sebep olmaktadır. Mikotoksinlerin bu etkilerini azaltmak için uygulanan fiziksel yöntemler kısmen etkili olup bu yöntemlere ek olarak kimyasal detoksifikasyon metodlarına da ihtiyaç duyulmaktadır.

K a y n a k l a r

1. **Abbas, H.K., Mirocha, C.J., Pawlosky, R.J., Pusch, D.J.:** Effect of cleaning, milling, and baking on deoxynivalenol in wheat. *Applied and Environmental Microbiology*, 1985; 50 (2), 482-486.
2. **Aish, J.L., Rippon, E.H., Barlow T., Hattersley, S.J.:** Ochratoxin A. Chpt. 13 in "Mycotoxins in Food: Detection and Control," ed. N. Magan and M. Olsen, 2004; 307-388 s. CRC Press, Boca Raton, Fla.

3. **Alberts, J.F., Gelderblom, W.C.A., Thiel, P.G., Marasas, W.F.O., Van Schalkwyk, D.J., Behrend, Y.:** Effects of temperature and incubation period on production of fumonisin B1 by *Fusarium moniliforme*. *Applied and Environmental Microbiology*, 1990; 56, 1729-1733.
4. **Aziz, N.H., Moussa, L.A.:** Reduction of fungi and mycotoxins formation in seeds by gamma-radiation. *J. Food Safety*, 2004; 24, 109-127.
5. **Aziz, N.H., Youssef, B.M.:** Inactivation of naturally, occurring of mycotoxins in some Egyptian foods and agricultural commodities by gamma-irradiation. *Egypt. J. Food Sci.*, 2002; 30, 167-177.
6. **Bullerman, L.B., Ryu, D., Bianchini, A.:** Biological evaluation of reduction of fumonisin B1 toxicity in corn grits by extrusion processing. Final Report to The Andersons Research Grant Program of NC 213. Management of Grain Quality and Security in World Markets, 2007, OARDC, Wooster, OH.
7. **Carson, M.S., Smith, T.K.:** Role of bentonite in prevention of T-2 toxikosis in rats. *J Anim. Sci.*, 1983; 57: 1498-1506.
8. **Castelo, M.M., Sumner, S.S., Bullerman, L.B.:** Stability of fumonisins in thermally processed corn products. *Journal of Food Protection*, 1998a; 61 (8): 1030-1033.
9. **Castro G.E.:** Investigative Study. Irradiation of cat's claw (*Unicaria tormentosa*) in Peru, 1995.
10. **Christensen, C.M., Mirocha, C.J., Meronuck, R.A.:** Molds, Mycotoxins, and Mycotoxicosis. Agricultural Experiment Station Miscellaneous Report 142, 1977, University of Minnesota, St. Paul.
11. **Cuero, R.G., Smith, J.E., Lacey, J.:** The influence of gamma irradiation and sodium hypochlorite sterilization on maize seed microflora and germination. *Food Microbiol.*, 1986; 3:107-113.
12. **De Koe, W.:** Moulds and Toxins in International Perspective' in *Cereal Science and Technology. Impact on Changing Africa*, (Taylor, J.R.N., Randall, P.R. and Viljoen, V.H., eds), 1993; 807-822 s., CSIR, Pretoria.
13. **Fandohan, P., Ahouansou, R., Houssou, P., Hell, K., Marasas, W.F.O., Wingfield, M.J.:** Impact of mechanical shelling and dehulling on *Fusarium* infection and fumonisin contamination in maize. *Food Additives and Contaminants*, 2006; (23) 4: 415-421.
14. **Frank, H.K., Munzner, R., Diehl, J.F.:** Response of toxigenic and non-toxigenic strains of *Aspergillus flavus* to irradiation. *Saboraudia*, 1971; 9:21-26.
15. **Gowda, N. K. S., Suganthi, R. U., Malathi, V., Raghavendra, A.:** Efficacy of heat treatment and sun drying of aflatoxin-contaminated feed for reducing the harmful biological effects in sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 2007; 133: 167-175.
16. **Halloy, D.J., Gustin, P.G., Bouhet, S., Oswald, I.P.:** Oral exposure to culture material extract containing fumonisins predisposes swine to the development of pneumonitis caused by *Pasteurella multocida*. *Toxicology*, 2005; 213 (1-2): 34-44.

17. **Hooshmand, H., Klopfenstein, C.F.:** Effects of gamma irradiation on mycotoxin disappearance and amino acid contents of corn, wheat, and soybeans with different moisture contents. *Plant. Foods Hum. Nutr.*, 1995; 47(3):227-238.
18. **Huff, W. E.:** A physical method for the segregation of aflatoxin-contaminated corn. *Cereal Chemistry*, 1980; 57, 236-238.
19. **IARC.:** Toxins derived from *Fusarium moniliforme*: Fumonisin B1, B2 and Fusarin C: Monograph on the evaluation of carcinogenic risk to humans. 1993; 56: 445-466. Intl. Agency for Research on Cancer.
20. **Jackson, L.S., Bullerman, L.B.:** Effects of processing on *Fusarium* mycotoxins. *Adv. Exp. Med. Biol.*, 1999; 459:243-261.
21. **Kozakiewicz, Z.:** Occurrence and significance of storage fungi and associated mycotoxins in rice and cereal grains. In: Highley E, Johnson G.I., editors. *Mycotoxin contamination in grains. Papers presented at the 17th ASEAN Technical Seminar on Grain Postharvest Technology*, Lumut, Malaysia, 25-27 July 1995, Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra. 1996; 18-26 s.
22. **Lee, L.S.:** Aflatoxin. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 1989; 66:1398-1413.
23. **Lepschy v. Gleissenthal, J.:** Fusarientoxine in Getreide-ihre Entstehung und Vorbeugemassnahmen. *Gesunde Pflazen*, 1992; 44 (2): 35-39.
24. **Marasas, W.F.O., Kellerman, T.S., Gelderblom, W.C.A., Coetzer, J.A.W., Thiel, P.G., Van der Lugt, J.J.:** Leukoencephalomalacia in a horse induced by fumonisin B1 isolated from *Fusarium moniliforme*. *Onderstepoort J. Vet. Res.*, 1988; 55: 197-203.
25. **Milanez, T.V., Leitão, M.F.:** The effect of cooking on ochratoxin A content of beans variety 'Carioca'. *Food Additives and Contaminants*, 1996; 13 (1), 89-93.
26. **Mitchell, G.E.:** Influence of irradiation of food on aflatoxin production. *Food Technol. Aust.*, 1988; 40, 324-326.
27. **Müller, H.M.:** Massnahmen zur Minderung von Mikotoxinbildung und anreicherung in Futtermitteln. *Dtsch. Tierärztl. Wschr.*, 1989; 96: 363-368.
28. **Newbanij, M., Saib, P. A., Chung, D. S., Seitz, L. M., & Deyol, C. W.:** Ergosterol versus dry matter loss as quality indicator for high-moisture rough rice during holding. *Cereal Chemistry*, 1986; 63: 315-320.
29. **Park, J.W., Kim, Y.B.:** Effect of pressure cooking on aflatoxin B1 in rice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2006; 54, 2431-2435.
30. **Park, J.W., Lee, C., Kim, Y.B.:** Fate of aflatoxin B1 during the cooking of Korean polished rice. *Journal of Food Protection*, 2005; 68 (7): 1431-1434.
31. **Phillips, T.D., Clement, B.A., Park, D.L.:** Approaches to reduction of aflatoxin in foods and feeds. In: *The Toxicology of Aflatoxins: Human Health, Veterinary, and Agricultural Significance* (Eaton, L.D., Groopman, J.D., Eds.), 1994; s. 383-406. Academic Press, New York.

32. **Pineda-Valdes, G., Bullerman, L.B.:** Thermal stability of moniliformin at varying temperature, pH, and time in an aqueous environment. *J. Food Prot.*, 2000; 63(11): 1598-1601.
33. **Prathap Kumar H. S., Ramesh V. B.:** A physical method for segregation of fumonisin-contaminated maize. *Food Chemistry*, 1999; 66: 371-374
34. **Refai, M.K., Aziz, N.H., El-Far, F.M. And Hassan, A.A.:** Detection of ochratoxin produced by *Aspergillus ochraceus* in feedstuffs and its control by gamma radiation. *Appl. Radiat. Isot.*, 1996; 47, 617-621.
35. **Russell, G.H., Berjak, P.:** Some attempted control measures against *Fusarium verticillioides* in stored maize seeds. *Seed Sci. & Technol.*, 1983; 11:441-448.
36. **Ryu, D., Hanna, M.A., Eskridge, K.M., Bullerman, L.B.:** Heat stability of zearalenone in an aqueous buffered model system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2003; 51, 1746-1748.
37. **Scudamore, K.A., Banks, J., MacDonald, S.J.:** Fate of ochratoxin A in the processing of whole wheat grains during milling and bread production. *Food Additives and Contaminants*, 2003; 20 (12), 1153-1163.
38. **Stoloff, L., Trucksess, M.W.:** Effect of boiling, frying, and baking on recovery of aflatoxin from naturally contaminated corn grits or cornmeal. *Journal - Association of Official Analytical Chemists*, 1981; 64 (3), 678-680.
39. **Sydenham, E.W., Van der Westhuizen, L., Stockenström, S., Shepard, G.S., Thiel, P.G.:** Fumonisin-contaminated maize: physical treatment for the partial decontamination of bulk shipments. *Food Additives and Contaminants*, 1994; 11, 25-32.
40. **Trenk, H.L., Butz, M.E., Chu, F.S.:** Production of ochratoxins in different cereal products by *Aspergillus ochraceus*. *Applied Microbiology*, 1971; 21,1032-1035.