

Mikotoksinler

Yakup Can SANCAK¹
Rabia Mehtap TUNCAY²

GİRİŞ

Mikotoksinler, çeşitli filamentöz mantar türleri tarafından üretilen, düşük molekül ağırlıklı ve çoğunlukla ısıya dayanıklı sekonder metabolitlerdir. *Aspergillus*, *Penicillium* ve *Fusarium* cinsleri başta olmak üzere birçok küf türü tarafından üretilen bu toksinler, gıda ve yemlerde önemli halk sağlığı sorunlarına neden olmaktadır. Hem hayvanlarda hem de insanlarda akut veya kronik zehirlenmelere yol açabilir.

Bu toksik bileşikler, tarım ürünleri üzerinde bitkinin büyüme döneminde, hasat sırasında, taşımada ya da depolama sürecinde gelişen küf kontaminasyonu sonucunda sentezlenir. Mikotoksinler çoğunlukla mısır, buğday, arpa, çavdar, sorgum, yer fıstığı, fındık ve kuru meyveler gibi ürünlerde doğal olarak bulunabilir.

Mikotoksinlerin gıdada varlıkları genellikle çıplak gözle görülemez, çoğunlukla tatsız, kokusuz ve renksizdir; bu nedenle fark edilmeleri zordur. Isıya dayanıklı olmaları nedeniyle pişirme, kavurma, sterilizasyon gibi işlemlerle yok edilemezler. Bu durum mikotoksinleri halk sağlığı açısından sinsi ancak önemli bir tehdit haline getirir.

Mikotoksinlerin neden olduğu klinik tabloya “mikotoksikozis” adı verilir. Mikotoksikozlar; akut, subakut veya kronik seyirli olabilir. Toksinlerin kimyasal yapısına ve maruz kalınan doza bağlı olarak hepato-

toksik, nefrotoksik, nörotoksik, östrojenik, dermonekrotik veya immünosupresif etkiler ortaya çıkabilir. Örneğin aflatoksin B₁, karaciğer üzerinde karsinogenik etkisi ile öne çıkarken; zearalenon, östrojen benzeri etkilerle hayvanlarda infertiliteye yol açabilir.

MİKOTOKSİNLERİN TARİHİ

Mikotoksinlerin insan ve hayvan sağlığı açısından taşıdığı riskler yüzyıllar öncesine dayanmaktadır; tarih boyunca çeşitli salgınlar ve zehirlenme vakalarında bu bileşiklerin olumsuz etkileri açıkça gözlemlenmiştir. Tarihsel olarak en bilinen örneklerden biri, Orta Çağ Avrupası’nda *Claviceps purpurea* adlı fungusun çavdar gibi tahılları kontamine etmesiyle ortaya çıkan ergotizmdir. Bu hastalık, kontamine çavdarın tüketilmesi sonucu gelişmiş ve insanlarda gangren, halüsinasyon, konvülsiyon gibi ciddi klinik tablolara seyretmiştir. Salgınlar, özellikle kırsal bölgelerde çok sayıda kişinin ölümüne yol açmış ve “kutsal ateş” veya “St. Anthony’s Fire” olarak da anılmıştır.

Modern dönemde mikotoksinlere yönelik bilimsel araştırmaların başlangıcı, 1960 yılında İngiltere’de yaşanan ve literatüre “Turkey X Disease” olarak geçen olayla olmuştur. Bu vakada, aflatoksin B₁ ile kontamine olmuş yer fıstığı küspesiyle beslenen yaklaşık 100.000 hindi civcivinde akut karaciğer nekrozu ve yüksek oranlarda ölüm gözlemlenmiştir. Olayın ardından

¹ Prof. Dr., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi AD., ycsancak@yyu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-4490-9606

² Doç. Dr., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi AD., r.m.gunes@yyu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-3510-5369

GÜNCEL GELİŞMELER VE ARAŞTIRMA ALANLARI

Mikotoksinlerle mücadelede son yıllarda önemli bilimsel gelişmeler kaydedilmiştir. Bu gelişmeler hem yeni mikotoksin türlerinin keşfi hem de önleyici-koruyucu uygulamaların geliştirilmesi alanında yoğunlaşmaktadır:

Yeni Mikotoksin Türleri

Araştırmalar, klasik aflatoksin, okratoksin, zearaleon gibi mikotoksinlerin yanı sıra fusarenon-X, moniliformin ve enniatin gibi daha az bilinen mikotoksinlerin de gıda ve yemlerde bulunabildiğini ortaya koymuştur. Bu durum, analiz protokollerinin sürekli güncellenmesini zorunlu kılmaktadır.

Genomik ve Metabolomik Yaklaşımlar

Toksijenik küflerin mikotoksin üretim potansiyeli, genomik analizlerle daha net anlaşılmakta, ayrıca mikotoksinlerin metabolik etkileri metabolomik tekniklerle izlenebilmektedir. Bu sayede daha hedefe yönelik mücadele stratejileri geliştirilmektedir.

Mikotoksin Bağlayıcılar ve Probiyotik Uygulamalar

Yemde kullanılan bağlayıcı maddeler (örneğin bentonit, zeolit, aktif karbon), mikotoksinlerin gastrointestinal sistemde emilimini azaltarak toksik etkilerini engellemekte etkili olmaktadır. Aynı zamanda bazı probiyotik suşların mikotoksinleri bağlama veya biyotransformasyon yoluyla etkisizleştirme potansiyeli araştırılmaktadır.

KAYNAKLAR

Abbas, A., & Dobson, A. D. W. (2011). Yeasts and molds | *Penicillium roqueforti*. In J. W. Fuquay (Ed.), *Encyclopedia of Dairy Sciences* (2nd ed., pp. 772–775). Academic Press.

Adams, M. (2012). *Hobbs' food poisoning and food hygiene* (7th ed.). Taylor and Francis.

Bailly, J. D., & Guerre, P. (2010). Mycotoxin analysis in poultry and processed meats. In L. M. L. Nolle & F. Toldrá (Eds.), *Safety analysis of foods of animal origin* (pp. 77–124). CRC Press.

Belloque, J., Chicón, R., & Recio, I. (2009). Quality control. In A. Y. Tamime (Ed.), *Milk processing and quality management* (pp. 72–100). Blackwell Publishing.

Bennett, J. W. (1987). Mycotoxins, mycotoxicoses, mycotoxicology and Mycopathologia. *Mycopathologia*, 100(1), 3–5. <https://doi.org/10.1007/BF00436554>

Claeys, L., Romano, C., De Ruyck, K., et al. (2020). Mycotoxin exposure and human cancer risk: A systematic review of epidemiological studies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(4), 1449–1464. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12567>

Commission Regulation (EC). (2006). Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs (Text with EEA relevance). <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2006/1881/oj/eng> (Erişim tarihi: 09.05.2025).

DeVries, J. W., Trucksess, M. W., & Jackson, L. S. (2000). *Mycotoxins and food safety*. Kluwer Academic/Plenum Publishers.

Erol, İ. (2007). *Gıda hijyeni ve mikrobiyolojisi*. Pozitif Matbaacılık.

Flieger, M., Stodůlková, E., Wyka, S. A., et al. (2019). Ergochromes: Heretofore neglected side of ergot toxicity. *Toxins*, 11(8), 439. <https://doi.org/10.3390/toxins11080439>

FSSAI. (2025). *Manual of methods of analysis of foods: Mycotoxins*. https://fssai.gov.in/upload/uploadfiles/files/Manual_Mycotoxins (Erişim tarihi: 10.05.2025).

Heinz, H. J. (2013). *Principles and practices for the safe processing of foods*. Elsevier.

IARC. (2025). *List of classifications*. <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications> (Erişim tarihi: 10.05.2025).

Incze, K. (2010). Mold-ripened sausages. In F. Toldrá (Ed.), *Handbook of meat processing* (pp. 363–378). Blackwell Publishing.

Jooste, P. J., & Anelich, L. E. C. M. (2008). Safety and quality of dairy products. In T. J. Britz & R. K. Robinson (Eds.), *Advanced dairy science and technology* (p. 169). Blackwell Publishing.

Klich, M. A. (2007). Environmental and developmental factors influencing aflatoxin production by *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus*. *Mycoscience*, 48(2), 71–80. <https://doi.org/10.1007/S10267-006-0338-4>

Le Bouquin, S., & Huneau-Salaün, A. (2011). Health risks for workers in egg production systems and methods of control. In Y. Nys (Ed.), *Improving the safety and quality of eggs and egg products* (p. 415). Woodhead Publishing.

Magan, N., & Aldred, D. (2007). Post-harvest control strategies: Minimizing mycotoxins in the food chain. *International Journal of Food Microbiology*, 119(1), 131–139. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.07.034>

Magan, N., Cayley, G. R., & Lacey, J. (1984). Effect of water activity and temperature on mycotoxin production by *Alternaria alternata* in culture and on wheat grain. *Applied and Environmental Microbiology*, 47(5), 1113–1117. <https://doi.org/10.1128/aem.47.5.1113-1117.1984>

Meneely, J., Greer, B., Kolawole, O., & Elliott, C. (2023). T-2

- and HT-2 toxins: Toxicity, occurrence and analysis: A review. *Toxins*, 15(8), 481. <https://doi.org/10.3390/toxins15080481>
- O'Mahony, M., Fanning, S., & Whyte, P. (2009). The safety of raw liquid milk. In A. Y. Tamime (Ed.), *Milk processing and quality management* (pp. 139–158). Blackwell Publishing.
- Pitt, J. I., & Hocking, A. D. (2009). *Fungi and food spoilage* (3rd ed.). Springer.
- Ray, B. (2004). *Fundamental food microbiology* (3rd ed.). CRC Press.
- Ropejko, K., & Twarużek, M. (2021). Zearalenone and its metabolites—General overview, occurrence, and toxicity. *Toxins*, 13(1), 35. <https://doi.org/10.3390/toxins13010035>
- Samapundo, S., Devlieghere, F., Meulenaer, B., et al. (2005). Effect of water activity and temperature on growth and the relationship between fumonisin production and the radial growth of *Fusarium verticillioides* and *Fusarium proliferatum* on corn. *Journal of Food Protection*, 68(5), 1054–1059. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-68.5.1054>
- Smith, D., & Henderson, R. (1991). *Mycotoxins and animal foods*. CRC Press.
- Tayar, M., & Dokuzlu, C. (2007). *Gıda mikrobiyolojisi*. Marmara Kitapevi Yayınları.
- TGK. (2025). *Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği*. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?Mevzuat-No=40394&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5> (Erişim tarihi: 10.05.2025).
- Thanushree, M. P., Sailendri, D., Yoha, K. S., et al. (2019). Mycotoxin contamination in food: An exposition on spices. *Food Science and Technology*, 93, 69–80. <https://doi.org/10.1007/s12393-019-00092-2>
- Ünlütürk, A., & Turantaş, F. (2003). *Gıda mikrobiyolojisi*. Mengi Tan Basımevi.
- Weidenbörner, M. (2001). *Encyclopedia of food mycotoxins*. Springer.
- World Health Organization (WHO). (2009). *Hazard analysis and critical control point generic models for some traditional foods: A manual for the Eastern Mediterranean Region*. EMRO Publication.
- World Health Organization (WHO). (2025). *Safety evaluation of certain mycotoxins in food* (WHO Series 47). <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/2b67f5b0-1abe-4980-a49d-3c31097a32dc/content> (Erişim tarihi: 09.05.2025).