

Mikotoksinler ve Önlenmesine Yönelik Uygulamalar



Prof.Dr. Ender YARSAN

*Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi
Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı*





Mikotoksinler, çeşitli mantar türleri tarafından sentezlenen, insan ve hayvanlar tarafından alındıkları zaman, latent, akut veya kronik karakterde zehirlenmelere neden olan kimyasal maddeler veya metabolitlerdir. Mikotoksin terimi mantar anlamına gelen myco ve zehir anlamına gelen toxin kelimelerinin birleşmesinden türetilmiştir.

Mikotoksin oluşturan mantarlar dünyanın her tarafında yaygın şekilde bulunurlar. Gerek sahada gerekse harmanlama, depolama, taşıma ve hazırlama sırasında şartlar (özellikle ısı ve rutubet) mantarların gelişmesine uygun olduğu takdirde, tarım ürünleriyle bunlardan hazırlanan yem ve besinler mantarların istilasına uğrayarak mikotoksinlerle kolayca kirlenebilirler. Bu kirlenmelerin doğurduğu olayların hayvanlarda özellikle farkına varılmadan seyretmesi, ayrıca, gerek hayvan sağlığı ve ekonomik işletmecilik yönünden gerekse kalıntıları vasıtasıyla doğuracakları toplum sağlığı riski bakımından günümüzde en çok ilgi doğuran konuyu oluştururlar. Mikotoksin çeşitleriyle kirlenmiş bitkisel besinlerle beslenen insanlarda, evcil hayvanlarda görülenlere benzer şekilde, karmaşık nitelikli, karaciğer, böbrek, deri, kan, sinir sistemi ve hormonal denge bozukluklarıyla kendini gösteren akut ve kronik zehirlenmeler meydana gelebilmektedir. Tek hücreli mantarlara bağlı olarak yem ve besinlerde küflenmeye neden olan ve bütün dünyada sıklıkla karşılaşılan bu doğal kirlenme durumunda, her yıl dünya tahıl ve yağlı tohum üretiminin en az %1'i çürüme-küflenme yüzünden işe yaramaz hale gelirken, %20'ye yakın kısmı da değişik derecelerde mikotoksinlerle kirlenirler.

"Mikotoksin terimi;
Myco - Mantar ve
Toxin - Zehir
kelimelerinin
birleşiminden
oluşur"

Bugün kimyasal yönden iyi tanımlanmış 60 kadar mikotoksin grubu bilinmektedir. Hayvan yemlerinde bulunabilen 220'ye yakın mantar türü bu toksinlerin üretilmesinden sorumludur. Bunlar birbirinden oldukça farklı kimyasal yapı (coumarinler, terpenoidler, antrakınonlar, piperazinler, piranlar, steroidler, fenolik makrolidler, piridinler, tetronik asitler, poliketidler amino asit türevleri) gösterirler.

Besinler ve yemlerde küflenmeye yol açan mantarlar başlıca üç kaynaktan gelirler. Birincisi, bitkinin büyümesi gelişmesi sırasında fitoparazit olarak yerleşen, ekim alanlarına bağlı mantar florasıdır; bu grupta, Fusarium, Cladosporium, Claviceps, Pullaria, Rhizopus, Alternaria türleri bulunur. İkincisi, hasat sonucunda kirletici olarak tarımsal ürünlere yansıyan, tarla mantar florasından nispeten daha düşük sıcaklık (20°C) ve rutubet (%60) şartlarına uyum sağlamış yani,ambar şartlarına alışmış olan Aspergillus ve Penicillium türleridir.Üçüncüsü, depolama koşullarının,mantarların üreyebileceği şartlar yönünde değişmesiyle ortaya çıkan ve Fusarium, Sardarya, Popullaspora, Aspergillus türlerinin içinde yer aldığı gruptur.

Yemlerde ve besinlerde küflenme olayını etkileyen bir dizi faktör vardır. Bunların başlıcaları şu şekilde sayılabilir:

Nisbi rutubet ve denge durumu: Fungal etkinliğin ve çoğalmanın başlayabilmesi için gerekli olan çevresel etkenlerin başında rutubet gelir. Genellikle kserofit nitelikteki mantar sporlarının gelişebilmesi için ortam havasındaki nisbi rutubetin %50 veya daha yüksek ve çoğalma ortamındaki rutubet içeriğinin de %10'un üstünde olması gerekir. Rutubet içeriğinde ortaya çıkacak çok düşük farklılıkların bile mantar çeşitlerince duyarlı bir şekilde farkedilmesi mikoloji yönünden önemlidir.

Isı: Birçok mantarın çoğalması için gerekli optimal ısı 27°C'dır. Ancak, bu durum mantar çeşidine göre değişmekle beraber, 15°C'nin üstünde genellikle mantar üremesi söz konusudur. Bunun yanında 0°C'nin altında ve 55°C'nin üstünde bile bazı mantar türlerinin üreyebilmektedir. Genellikle,yüksek ısıya bağlı olarak enzimatik kökenli moleküler bozulmalar meydana gelirken, ısıнын düşmesi sonucunda da,enerji kaybına bağlı olarak biyokimyasal tepkimelerin hızı yavaşlar.

Oksijen: Mantarlar aerobik canlılardır. Dolayısıyla,ortamdaki CO2 yoğunluğu %10'un üstüne çıkarsa mantar mikroflorası hızla baskı altına alınır.

Besin çeşidi: Yem ve yem hammaddeleri ile besin çeşidi de genellikle mantarların gelişmesi ve mikotoksin sentezlemesini etkilemektedir. Ancak,aflatoksin sentezleyen mantar çeşitleri için böyle bir bağımlılık yoktur. Özellikle, kullanılabilir karbonhidrat ve yağ içeriğince zengin olan tarımsal ürünler ile besin çeşitleri hızla küflenerek bozulmaya uğrar. Ayrıca, gerek hasat ve gerekse işleme sırasında fazlaca mekanik hasar görmüş veya çeşitli parazitlerin hücumuna uğramış ve fiziki bütünlüğünü yitirmiş tarımsal ürünlerin mantar invazyonlarına karşı direnci bütünüyle kaybolabilir. Bunun sonucu, mısır, arpa, yulaf, buğday, pirinç, darı gibi tarım ürünleri ile pamuk tohumu, soya, yerfıstığı, fındık ve ayçiçeği gibi yağlı tohumlar ve bunlardan hazırlanan yem ve besinler sıkça mantar istilasına uğrayarak mikotoksinlerle kirlenebilirler.

Diğer şartlar: Türlerle göre değişmekle beraber, mantarlar pH değişikliklerine kolayca uyum gösterebilirler. Büyük çoğunlukla pH 2-7,5 arasında üreme gösterirler. Ancak, genel bir kural olarak, bazik ortamlara göre hafif asit pH'lı yiyecekler fungal etkinlikler için daha uygun ortam oluştururlar. Daha düşük pH derecelerinde ise,fungal üreme ve spor şekillenmesi baskılanır. Gelişme ortamında bulunan ve katalizör olarak görev yapan çeşitli metal iyonları, fungusid maddeler ve radyasyon fungal yaşamı olumsuz yönde etkiler.Keza, aynı ortamda birden fazla mantar türünün bulunması halinde, farklı türler arasında yarışma şeklinde etkileşmeler başgösterir; sonuçta bir tür diğerine baskın hale gelebilir.

Mikotoksinler vücudun organ ve dokularında bozukluklar meydana getirirken en çok karaciğeri etkilerler; bunun yanında, böbrekleri, sinir ve kasları, sindirim sistemini, deriyi, solunum sistemini ve üreme sistemini etkilerlerken bazılarının teratojenik ve karsinojenik etkileri de vardır.

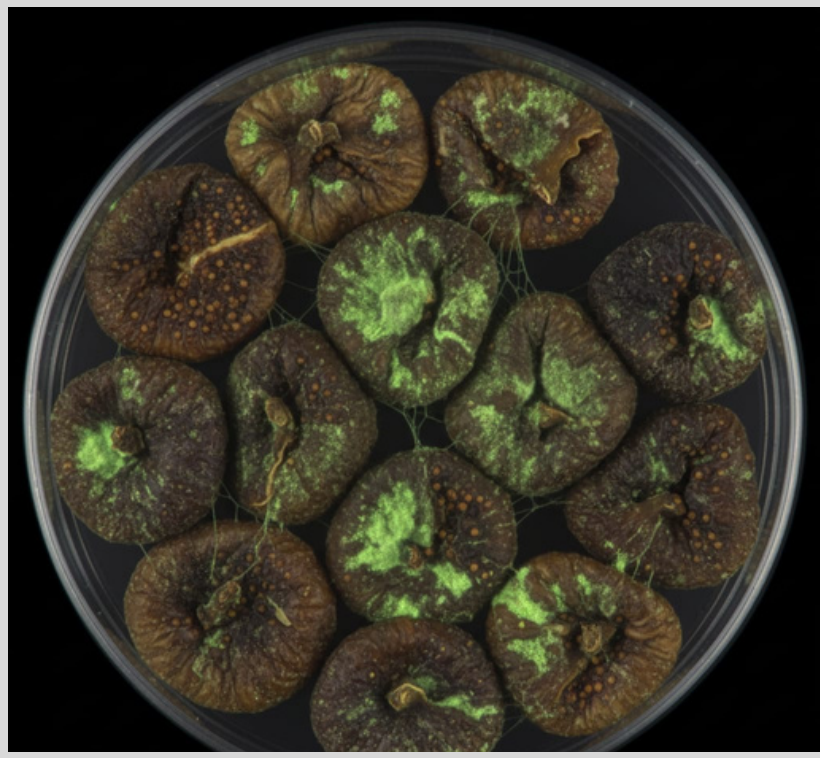
Küflenme Olayının Önlenmesine Yönelik Uygulamalar

Tarla Şartlarında Mantar İstilasının Kontrolü: Tarla şartlarında, hasattan önce ürün iç ve dış etkilerle böceklerin hücumuna uğrar; özellikle insektler tarafından yol açılan mekanik zedeleme ve diğer artropodlar büyük ölçüde mantar infestasyonundan sorumlu unsurlardır. Üründe mantar bulaşmasını önlemek amacıyla, hasat öncesinde koruyucu amaçla bazı maddeler (captan, thiram, zineb, propiyonik asit, asetik asit gibi) kullanılabilir. Ürünün tarlada iken kimyasal maddelerle gübrenmesi de küflenmeyi azaltabilmektedir.

Tarlada yapılacak inceleme ile ürünlerdeki küflenme olayı gözlemlenebilir. Özellikle *Aspergillus flavus* ile bulaşık yer fıstıklarında gözle görülebilecek değişiklikler meydana gelir. Bu durumda, kirli kısımlar ayıklanarak yüksek yoğunluktaki kimyasal maddelerle muamele edilir. Hasat işlemi sırasında da ürünün küflü kısımlarıyla sağlam olan kısımlarının karışmaması için gereken özen gösterilmelidir. Renk yönünden kirli kısımların tespit edilip uzaklaştırılması şeklindeki bu işlem yer fıstığı, kahve, çilek, böğürtlen gibi küçük çekirdekli ürünler için geniş kullanım alanına sahiptir. Bu amaçla elektronik cihazlar kullanılabileceği gibi elle de bu işlem gerçekleştirilebilir.

Ürünün Hasat Edilmesi ve Kurutulması: Küflenme ve mikotoksin oluşumunu engellemek için; ürün tam olarak olgunlaşınca hasat edilmeli; hasat esnasında üründe mekanik hasar oluşturulmamalı; özellikle rutubet oranı yüksek bölgelerde hasat edilmiş ürün derhal kurutulmalı ve sonra havalandırılması sağlanmalıdır. Mantarlara karşı ürünün korunması yönünden kurutma işlemi son derece önemlidir. Hasat sırasında hububat veya yağlı tohum küspeleri depolama için gerekli olandan daha yüksek oranda rutubet içerirler. Hasat yapılan yerlerde ürünün hava yardımıyla kurutulması sonucu mantar üremesi önlenirken, hava rutubetli ise ciddi problemler meydana gelebilir. Bu durumda ürünün kurutulması, sorunun çözümünde en önemli faktördür.





Depolama Sırasında Yapılacak Uygulamalar: Depolanmış tohum ve taneler için küflenme tehlikesi oluşturabilen nem oranı; depolama başlangıcından sonra geçen gün sayısı ve depo yerindeki çevre sıcaklığı gibi üç önemli faktör rol oynar. Güvenli bir depolama için nem oranının düşürülmesi en başta ürünün besin kalitesinde kazanca neden olur.

Depo ortamındaki rutubet ve sıcaklık devamlı şekilde ölçülerek kaydedilmelidir. Güvenli bir depolama için gerekli rutubet düzeyleri şöyledir: yarfıstığında %9, mısırdada %13.5, sorgumda %13.5 pirinçte %15, fasülyede %15'tir. Eğer rutubet düzeyleri bu değerlerden yüksek ise depolamadan önce ürün kurutulmalıdır.

Depolanacak yem ve yem hammaddeleri silo ve depo yerlerine konulmadan önce bu besinler çok iyi temizlenmiş olmalıdır. Boş silo ve depo yerleri ekseriye tabanda toz ve küflenmiş kalıntılar ihtiva eder. Bu nedenle, böyle depoların önceden temizlenmesi, küflü kısımların imha edilmesi veya yakılması gerekir. Gerek çiftçilerin ve gerekse yem fabrikalarının yem maddelerini toprak zemin üzerine yığmamaları, yeme karşı izolasyon yapıldıktan sonra tabanın beton zemin olmasına özen göstermeleri gerekir. Yem maddelerinin daima tahta ızgara üzerine yığılması, iki palet üzerine üstüste bir tondan fazla yem çuvalı konmaması, yığınlar arası hava sirkülasyonu için aralık bırakılması gerekir.

Yemlerde meydana gelebilecek bozulmalar ve buna bağlı olarak ilk etapta düşünülebilecek mantar bulaşmasını önlemek amacı ile yemlere öteden beri bazı koruyucu maddeler katılmaktadır. Koruyucu maddelerin kullanımı bir çok yem üreticisi için yıllardır olağan hale gelmiştir. Almanya'da karma yemlerin %35'i, Belçika'da %25'i bu maddelerle işlem görmektedir. Bakteri ve mantarların gelişmesini durduracak uygun katkı maddeleri kullanılarak, hayvan yemlerinin dayanıklılığı sağlanırken, neticede, sadece yemlerin bozulmasının önlenmesi değil, aynı zamanda bu gibi bozulmalardan sorumlu mikroorganizmalar tarafından toksin üretiminin engellenmesi de sağlanmaktadır.

Karma yemlerin korunmasında kullanılmak için ticarete bir çok madde bulunur. Bunlar arasında propiyonik asit, laktik asit, sorbik asit gibi maddeler fazlaca kullanılır. Bu amaçla hayvanlar tarafından iyi tahammül edilen ve kalıntı bırakmayan maddeler tercih edilmelidir. Buna göre en uygun madde propiyonik asittir.

Ürünün Taşınması Sırasında Dikkat

Edilecek Hususlar: Ürünlerin şehir merkezlerine, kırsal kesimlere veya fabrikalara taşınmalarında demiryolu, karayolu, su taşımacılığı gibi yollardan yararlanılırken, taşıyıcı araçlarda bir infestasyon durumu varsa, bu durum taşınacak ürün için kirletici kaynak olarak bir risk teşkil eder. Bu yüzden, böyle araçlar boş iken düzenli olarak uygun pestisidlerle muamele edilmeli veya fumigasyonu yapılmalıdır; ayrıca, yükleme yapılmadan önce taşıyıcılarıdaki kalıntı ve artıklar uzaklaştırılmalıdır. Taşınma esnasında hava rutubetli ve yağmurlu ise veya taşıma su yoluyla yapılıyorsa, böyle durumlarda ürünün nem kapma sorunu ortaya çıkar. Bu yüzden, özellikle depolamadan önce ürünün güvenli rutubet sınırlarına kadar kurutulması sağlanmalıdır.



Mantarların Kimyasal Yolla Kontrolü: Nemli yerlerde mantarların kontrolü amacıyla birçok kimyasal madde denenmiştir. Bunlar arasında aureofungin, thiram, captan, ortofenilfenat, bordo bulamacı ve organik asitler (propiyonik asit, sorbik asit, asetik asit ve benzoik asit) ve tuzları yer almaktadır. Mantarların üremesini önlemek amacıyla bakır sülfat da kullanılmıştır. Ancak, bu madde yan etkileri nedeniyle pek çok yerde terkedilmiştir; bakır sülfatın dozu tam ayarlanamadığından istenmeyen etkiler gösterebilmektedir. Mantarlara karşı kullanılan diğer bir antifungal madde de jansiyan morudur. Bu madde Aspergillus'ların üremesini durdurur. Fakat, Fusarium roseum ve Fusarium cerealis'e etki edemez. Bu nedenle, bazı Avrupa ülkelerinde kullanımı terkedilmiştir.

Kimyasal kontrol amacıyla kullanılan bir diğer madde de sıvı amonyaktır. Ancak, bu pahalı bir uygulamadır. Ayrıca, bu işlem sırasında bazı istenmeyen teknolojik problemler de görülür; örneğin mısır rengini kaybederek kahverengileşir. Bir başka yan etkisi de, ürüne keskin bir koku vermesidir; bu durumda ürünün hayvanlar tarafından tüketilmesi güçleşir.

Mikotoksinlerin yıkımlanması amacıyla oksitleyici maddeler de kullanılmaktadır. Bu gruptan maddeler arasında başlıca hidrojen peroksit, ozon, sodyum bisülfid ve sodyum metabisülfid bulunur. Bu amaçla sodyum bisülfid deoksinivalenol (DON) ile bulaşık mısırlarda denenmiş ve iyi sonuçlar alınmıştır.

Mikotoksinlerin yıkımlanması için kullanılan maddeler arasında bağlayıcı özellikte olanlar önemli bir yer tutmaktadır. Bağlayıcı maddeler arasında hidrate sodyum kalsiyum alüminyum silikat (HSCAS) fazlaca kullanılır. Bağlayıcı maddeler grubunda değerlendirilebilecek bir diğer madde de bentonittir.

Fiziksel ve Kimyasal Metotlarla Aflatoksinlerin Yıkımlanması

Aflatoksinler arasında en güçlü etkili olan AFB1'in moleküler yapısı fiziko-kimyasal ve biyokimyasal olarak incelendiğinde, toksikolojik etkiden sorumlu iki önemli yapıdan söz edilebilir. Birinci yapı, furan halkasında bulunan 8 ile 9 ncü karbon atomları arasındaki çift bağıdır. Aflatoksin ile DNA ve protein yapıları arasındaki etkileşme bu yapıdan kaynaklanır ve sonuçta hücresel düzeyde zararlı etkiler ile biyokimyasal fonksiyonlarda değişimler meydana gelir. İkinci yapı ise kumarin türevlerindeki lakton halkasıdır. Aflatoksinlerin yıkımlanmasında etkili olan bu yapı kolaylıkla hidrolize olabilir niteliktedir. Yıkımlanma olayı, furan halkasındaki çift bağı doyurulmasıyla veya lakton halkasının hidrolize olup açılmasıyla gerçekleşir. Buradaki değişiklikler önce lakton halkasında başlar ve sonra furan halkasının çift bağı doyurularak toksinin yıkımlanması sağlanır.

Aflatoksinlerin yıkımlanması amacıyla bugüne kadar yapılan çalışmalarda şu yöntemler kullanılmıştır; ısı, peroksitler, ozon ve diğer oksitleyici maddeler, asit ve alkalilerle muamele, ışınlama ve belirli mikroorganizmalar. Fiziksel metodlarla aflatoksinlerin yıkımlanmasında en önemli yeri ısı uygulaması tutar. Saf ve susuz şekildeki aflatoksinlerin, ergime noktalarına kadarki sıcaklıklara dayanıklı oldukları bilinmektedir. AFB1 kuru havada dayanıklıdır: ergime noktası 260 °C'dir ve 269 °C'de yıkımlanır. Yerfıstığı ve mısır yağlarında 250 °C'ye kadar AFB1 miktarında değişiklik meydana gelmeyebilir. Rafine edilmemiş yerfıstığı yağları 250°C de 10 dakika ısıtıldıklarında AFB1 miktarı %96 oranında azalmakta, 160°C'de 30 dakika kavrulan yerfıstıklarında ise 100 ppm'den 5 ppb'ye düşmektedir. Yemlerde aflatoksinler bakımından önemli bir kirlenme kaynağı olan mısırdaki, 145-165°C'de kavrulma işleminden sonra AFB1 yoğunluğu %40-80 azalmaktadır. Doğal olarak bulaşık mısırlarda AFB1'in %28'i haşlama ve yağda kızartma işleminden sonra parçalanmaktadır.

Aflatoksinlerin yıkımlanmasında kullanılan kimyasal maddelerin başlıcaları; klorlaştırıcı maddeler (sodyum hipoklorid, klordioksit, gaz halindeki klor); oksitleyici maddeler (hidrojen peroksit, ozon ve sodyum bisüfit) ve hidrolitik maddeler (asitler ve alkaliler)'dir.



Mikotoksinlerle Bulaşık Yem ve Yem Hammaddelerinin Güvenli Bir Şekilde Kullanımına İlişkin Uygulamalar



Tarımsal üretimde küflenme olaylarının önlenememesi nedeniyle, üreticinin ekonomik zararını en aza indirmek ve böyle ürünleri en iyi şekilde başka amaçlar için işlemek konusu önemli olmuştur. Uygulanan mevcut tarımsal teknikler ile mikotoksin üremesi azaltılabilmekteyse de, düşük yoğunluklardaki toksin hayvansal üretim ve halk sağlığı açısından yine de tehlike oluşturmaktadır. Yem ya da besinlerin mikotoksinle kirlenmesi durumunda iki şey söz konusudur. Birincisi toksinle bulaşık yemi kullanmamak, ikincisi ise böyle yem ya da besinleri kimyasal maddelerle muamele edip toksin içeriğini tahrip ettikten veya kabul edilebilir bir düzeye kadar azalttıktan sonra kullanmaktır. Amerika ve birçok ülkede küflenmiş yem ve yem hammaddelerinin amonyaklandıktan sonra hayvanlara verilmesi için kurulmuş pek çok fabrika vardır. Küflü yem ya da besinleri kullanılabilir hale getirmek için başvurulabilecek bazı uygulamalar şu şekilde sıralanabilir: Çeşitli çözücülerle mikotoksinle bulaşık yağlı tohum ya da benzeri maddelerden mikotoksinlerin uzaklaştırılması, elektronik seçicilerle özellikle floresans yayan fıstık ve benzeri tanelerin ayıklanması, yem ya da besinlerin otoklavda yüksek ısı derecelerinde veya güneş ışığında uzun süre tutulması.

Saha ve depolama esnasında şartlar uygun olduğu taktirde yem,tarımsal ürünler ve diğer besinlerde mantar infestasyonu ve dolayısıyla mikotoksin bulaşması olabileceği her zaman göz önünde tutulmalıdır. Bu nedenle,üretimden tüketime kadar tüm işlemler mantar gelişmesini en aza indirecek şekilde gerçekleştirilmelidir. Bu amaçla, modern tarım tekniklerinin uygulanması, hayvan yetiştiricilerinin kullandıkları yemleri uygun biçimde depolamaları ve sürekli şekilde kontrol etmeleri, küflü yemleri hayvanlara vermemeleri gerekir. Hayvan yem ve ürünleri ile diğer besinler her kademedede ve sürekli şekilde mikotoksinler yönünden analiz edilmeli ve ülkemiz için kabul edilen tolerans limitlerin üzerinde olanlar,yukarıda belirtildiği şekilde, ya uygun çözeltilerle muamele edilmeli ya da imha edilmelidir.İhraç ve ithal edilecek besin maddeleri mikotoksinler bakımından mutlaka analiz edilmelidir. Ayrıca, yem ve besinlerde mantar infestasyonu ve dolayısıyla mikotoksin oluşumunu önlemek için etkili, ekonomik ve uygulanabilir kimyasal maddelerin araştırılması ve bunların uygulanması gibi çalışmalar yapılmalıdır.

Kaya,S. ve Yarsan,E. (1995): Yem ve yem hammaddelerinde küflenmenin önlenmesi ve mikotoksinlerle kirlenmiş bu tür yemlerin değerlendirilmesine yönelik uygulamalar. A.Ü. Vet. Fak. Derg. 42 (2): 111-122.

Yarsan,E. (2013). Mikotoksinler; Önemi, Önlenmelerine Yönelik Uygulamalar ve Kalıntı Sorunu. Ordu'da Gıda Güvenliği Dergisi. 19:47-51.