

GIDA İŞLEMENİN MİKOTOKSİNLERE ETKİSİ

Selahattin Sert(1)

Fevzi Keleş (1)

Özet

Gıdalarda bulunan mikotoksinlerin stabilitesi üzerine, çeşitli işleme metodlarının etkisini, araştıran çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu araştırmalar mikotoksinlerin kaybı veya parçalanma oranının; gıdanın bileşimine, çevre şartlarına, mikotoksinin çeşidine, gıda işleme tipine, mikotoksinlerin konsantrasyonuna v.b. birçok faktöre bağlı olduğunu ortaya koymuştur.

Giriş

Mikotoksinler, bazı küflerin toksik metabolizma ürünleridir. Bu maddelerle bulaşmış yiyeceklerin tüketimi sonucu insan ve hayvanlarda çeşitli zararlı etkiler ortaya çıkar. Mikotoksinler, genellikle karaciğer zehirleyici ve kanserojenik etki gösterirler. *Aspergillus flavus* ve *A. parasiticus*'un ürettiği aflatoksinler çok kuvvetli kanserojenik maddelerdir. Ayrıca, *Aspergillus ochraceus* grubu ve bazı *Penicillium* türleri tarafından sentezlenen okratoksinler, yine bazı *Penicillium* ve *Aspergillus* türlerinin oluşturduğu sitrinin, penisilik asit ve patulin, birçok *Fusarium* türünün metabolizma ürünü ziralenon ve trikotesenler, *Claviceps purpurea* tarafından üretilen ergot alkaloidleri de önemli mikotoksinler arasındadır (Wyllie ve Morehouse, 1978). Gıdaların işlenmesi sırasında, mikotoksinlerin ne oranda tahrip olduğunu veya hangi seviyelerde kaldığını tesbit etmek için birçok araştırma yapılmıştır (Baur, 1978; Bennett ve Anderson, 1978; Reiss, 1978; El-Banna ve Scott, 1983; El-Banna ve ark., 1983). Bu derlemede, doğrudan veya yağda kavurma, pişirme, öğütme, ekmek yapma, depolama, fermentasyon, pastörizasyon v.b. başlıca işlemlerin, gıdalardaki mikotoksinler üzerine etkisi özetlenmeye çalışılmıştır.

Kavurma İşleminin Etkisi

Gıdalardaki mikotoksinler kavurma işleminin tipine, sıcaklığına, gıdanın çeşidine, durumuna bağlı olarak değişik oranlarda tahrip olurlar. Meselâ, yerfıs-

(1) Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, T.Ü.T. Bölümü, Erzurum

tıklarında mikotoksinler kavurmaya orta derecede stabilite gösterirler. Scott (1984), bu konuda yaptığı literatür taramasında, yerfıstıklarının doğrudan veya yağda kavrulmasıyla, aflatoksin B₁ miktarında % 52-100 arasında azalma olduğunu kaydetmiştir. Mısırların 145-168°C'de kavrulmasıyla aflatoksin B₁ konsantrasyonunda % 40-80, soya fasulyelerinin 180°C de kavrulmasıyla % 40-73 oranında düşme olmuştur. Mısır kırmaları yağda kavrulurken aflatoksin miktarı % 34-53 oranında düşürülmüştür.

Kuru ısıdan diğer mikotoksinlerin de etkilendiği müşahade edilmiştir. Meselâ 200°C de 20 dakika kavru lan kahve çekirdeklerinde, sterigmatosistin % 68 i tahrip olmuştur. Aynı işlemle aflatoksin B₁ ve okratoksin A'nın % 80'inden fazlası kaybolmuştur. Ancak, bu işlemlerde, gıdanın durumunda meydana getirilen küçük bir değişikliğin mikotoksin kaybında önemli farklara yol açtığı gözlenmiştir. Bu durum Tablo 1 de görülmektedir. Cevizin büyüklüğü arttıkça iç kısımlarının sıcaklığı düşmekte ve aflatoksin parçalanması daha az olmaktadır.

Tablo 1. Cevizlerin (pıkan) kavrulması sırasında aflatoksinlerin parçalanması üzerine ürün tipi ve sıcaklığın etkileri

Ürün tipi	15 dakikada iç sıcaklık (fırın sıcaklığı 191°C)	Aflatoksin konsantrasyonunda azalma (%)	
		B ₁	G ₁
Küçük yarım ceviz (0,9 g)	160	80	80
Büyük yarım ceviz (1,9 g)	121	52	40
Öğütülmüş ceviz	150	60	60
	Fırın sıcaklığı (°C)	B ₁ ve G ₁	
Küçük yarım cevizler	144	15	
	171	40	
	191	80	

Mikrodalga ile kavru lan yer fıstıklarındaki aflatoksinler hemen hemen tamamen tahrip edilmiş ancak, bu uygulamanın ticari olarak gerçekleştirilemediği kaydedilmiştir (Scott, 1984).

Piştirme veya Kaynatmanın Etkisi

Piştirme veya kaynatma işlemi de, özellikle gıda çeşidine bağlı olarak, mikotoksinlerde değişik oranlarda kayba yol açar. Meselâ, pirincin normal pişirilmesiyle aflatoksin B₁'de % 49 oranında azalma görülürken, mısır ununun suda kaynatılmasıyla aflatoksin B'de sadece % 11,5, G'de % 17,6 kayıp meydana gelmiştir. Su ilave edilmeden 3 saat otoklavda ısıtılan yulaf ve piriçlerde sırasıyla,

% 87 ve % 86 okratoksin kaybı olurken, % 50 su katılmasıyla aynı şartlarda toksin kaybı % 74 ve % 68'e düşmüştür. Etin pişirilmesiyle okratoksin kaybı % 20, buğdayın haşlanmasıyla da sadece % 6 olmuştur. Mısırdaki bulunan sitrinin ısıtma işleminden sonra yapısı bilinmeyen bir toksine dönüşmüştür. Yapılan araştırmalardan, gıda işleme ortamında bulunan su miktarının artmasıyla, aflatoksin, patulin ve sitrinin dayanıklılığının azaldığı, buna karşılık okratoksinin stabilitesinin arttığı sonucu ortaya çıkmıştır. Bu durum Tablo 2'de verilmiştir (Scott, 1984; Lieu ve Bullerman, 1977).

Tablo 2. Gıda işlemede rutubetin mikotoksinlerin parçalanması üzerine tesiri

Gıda	Mikotoksin	İşlem	Su miktarı	Tahribat
Haşlanmış mısır	Aflatoksin B ₁	Yağda	Gıdanın 3 katı	% 34
		kavurma	Gıdanın 4 katı	% 53
Pirinç	Aflatoksin B ₁	Pişirme	Gıdanın 4 katı	% 48-49
			Gıdanın 8 katı	% 75-82
Arpa	Patulin	Depolama (25°C)	a _w (x) 0,70	Yarı ömür 12,7 gün
			a _w 0,90	Yarı ömür 6,8 gün
Mısır	Patulin	Depolama (25°C)	a _w 0,70	Yarı ömür 4,4 gün
			a _w 0,90	Yarı ömür 2,4 gün
Buğday	Patulin	Depolama (25°C)	a _w 0,70	Yarı ömür 4,4 gün
			a _w 0,90	Yarı ömür 1,9 gün
Arpa	Sitrinin	Depolama (25°C)	a _w 0,70	Yarı ömür 7,8 gün
			a _w 0,90	Yarı ömür 1,8 gün
Mısır	Sitrinin	Depolama (25°C)	a _w 0,70	Yarı ömür 15,5 gün
			a _w 0,90	Yarı ömür 10,4 gün
Buğday	Sitrinin	Depolama (25°C)	a _w 0,70	Yarı ömür 11,9 gün
			a _w 0,90	Yarı ömür 3,0 gün
Yulaf unu	Okratoksin A	Otoklavda ısıtma	Su katılmadan	% 87
			% 50 su ilave	% 74
Un	Okratoksin A	Ekmek Bisküvi		% 0
				% 62

(x) a_w : Su aktivitesi

Öğütmenin Etkisi

Tahıllardaki mikotoksinler öğütmenin şekline bağlı olarak değişik oranlarda öğütme fraksiyonlarına geçerler. Aflatoksin B₁ ile kontamine edildikten (13, 160, 510 ppb) sonra kuru öğütülmeye tabi tutulan biri sarı ikisi beyaz mısır örneklerinde, aflatoksinlerin büyük kısmının ruşeym ve kabuk kısmında kaldığı,

kırma ve unda ise sadece % 7-10 arasında aflatoksin bulunduğu görülmüştür (Brekke ve ark., 1975 a). Buğday ve pirinçte aflatoksinin büyük kısmının kepekte toplandığı, tahıllarda okratoksin A'nın un ve kepeğe eşit şekilde dağıldığı, buğdayın öğütülmesi sırasında vomitoksinin çoğunun kepeğe geçtiği ancak, az bir kısmının unda kaldığı bildirilmiştir (Scott, 1984).

Yaş öğütme sırasında mikotoksinlerin, tahılların çeşitli fraksiyonlarında kalma oranı, kuru öğütmeye göre farklı olmaktadır. Bennett ve Anderson (1978) tarafından, tabii ve sun'i olarak kontamine edilmiş mısırların yaş öğütülmesiyle, aflatoksin B₁ oranları ıslatma suyu ve çözünür maddelerde % 40 ve 42, selülozda % 38 ve 30, glutende % 13 ve 17, ruşeyimde % 6 ve 10, nişastada ise her iki örnekte sadece % 1 oranında bulunmuştur. Aynı araştırmacılar'a göre, 0,90, 4,10 ve 9,40 ppm ziralenon ihtiva eden mısır örneklerinin yaş öğütülmesi ile glutende % 52, 48, 56, çözünür maddelerde % 20,26,17; selülozda % 19,1515, ruşeyimde % 9, 10,11, ziralenon belirlenmiştir; nişastada ise her üç örnekte de ziralenon bulunmamışlardır. Benzer sonuçları, tabii olarak kontamine olmuş mısırlarda Bennett ve ark. (1978), da elde etmişlerdir. T-2 toksini ile buluşturılmış mısırların yaş öğütülmesinde ıslatma suyu ile uzaklaştırılan toksin oranı (% 67), aflatoksin ve ziralenona göre daha fazla olmuştur (Collins ve Rosen, 1981). Okratoksinin ise % 43'ünün işlem sırasında kullanılan suda kaldığı bildirilmiştir (Scott, 1984).

Ekmek Yapmanın Etkisi

Unda bulunan mikotoksinler, ekmek yapma sırasında pişirme sıcaklığına, ekmeğin tipine, hamurun fermantasyon süresine v.b. faktörlere bağlı olarak farklı oranlarda tahrip olurlar. Reiss (1978), buğday unundan yapılan ekmeğin (% 54 un, % 2 maya, % 1 tuz, % 43 su) 120°C'de 30 dakika pişirilmesiyle, aflatoksin B₁ miktarında herhangi bir azalma olmadığını tesbit etmiştir. 240°C'de 35 dakika pişirilen mısır ekmeğinde ise, aflatoksin B konsantrasyonunda sadece % 16-17'lik bir düşme olmuştur (Seenappa ve Nyagahunga, 1982). El-Banna ve Scott (1983) tarafından, aflatoksin B₁ (0,1 µg/g) ilâve edilmiş buğday unundan yapılan hamurda fermantasyon sonunda % 19, bu hamurdan yapılmış ince açık ekmeklerde (350°C'de 2 dak. pişirme) % 36 aflatoksin kaybı olduğu (toplam kayıp % 55) tesbit edilmiştir. Buna karşılık, normal ekmek pişirmede (250°C'de 30 dak.) % 0-25 arasında aflatoksin kaybı olduğu bildirilmiştir. El-Banna ve ark. (1983), ince açık ekmeklerde ne fermantasyon safhasında ne de yüksek sıcaklıkta (350°C) pişirme esnasında una ilâve edilen vomitoksin (deoksinivalenol) miktarında herhangi bir kayıp olmadığını tesbit etmişlerdir. Bu araştırma sonuçlarından, aflatoksin veya vomitoksin ile kontamine olmuş unların, yüksek sıcaklıklarda ekmeğe işlenmesiyle bile toksin riskinin ortadan kalkamayacağı ortaya konulmuştur. Ekmek yapımı sırasında okratoksin A da parçalanmamıştır. Bununla beraber, bisküvi yapımı sırasında % 62 oranında kayba uğramıştır (Tablo 2). Bu duruma

bisküvilerin ekmeklere göre daha az su ihtiva etmeleri sebep gösterilmiştir. Nitekim okratoksinin aflatoksin ve patulinden farklı olarak, su oranı düşük maddelerde daha fazla tahrip olduğundan yukarıda bahsedilmişti. Buğday unundan yapılan ekmekte ziralenon kaybı % 34-40 arasında olurken, ergot alkaloidleri buğday ekmeğinde % 100, pirinç ekmeğinde % 85 kayba uğramıştır (Scott, 1984).

Depolamanın Etkisi

Gıdalardaki aflatoksinlerin depolamaya genellikle dayanıklı oldukları bulunmuştur. Baur (1975) tarafından yerfistiği ununun, ham ve kavrulmuş yerfistiği yağının 23°C (70 °F) sıcaklıkta, % 50 nisbi nemde, 6, 12 ve 24 ay depolanmaları sonucunda aflatoksin B₁, B₂, G₁ ve G₂ seviyelerinde önemli bir değişiklik olmadığı görülmüştür. Aflatoksin B₁ enjekte edilen ve 6 ay -18°C de depolanan sığır etinde düşük oranda (% 20) aflatoksin kaybı olmuştur. Tablo 3'de aflatoksinlerin diğer bazı gıdalarda da depolama boyunca oldukça stabil oldukları görülmektedir. Patulin ve penisilik asitin stabilitesi daha azdır. Bu duruma muhtemelen gıdalardaki sülfidril ve amino gruplarıyla meydana gelen reaksiyonlar sebep olmaktadır (Scott, 1984).

Tablo 3. Bazı gıdalarda mikotoksinlerin stabilitesi

Mikotoksin	5°C de 168 saat sonra kalan mikotoksin % si		
	Peynir	Salam	Mısır kırmısı
Aflatoksin B ₁	100	100	100
Aflatoksin G ₁	100	100	100
Patulin	8	0	80
Penisilik asit	6	0	80

Patulin ve penisilik asit elma suyunda orta derecede stabildir (yarı ömrü birkaç hafta). Sitrinin ise elma suyunda stabil değildir. Tablo 2'de, patulin ve sitrinin tahıllarda fazla stabil olmadıkları görülmektedir. Sterigmatosistinin, peynirde -18 ile 16°C ler arasında en az 3 ay stabil kaldığı tesbit edilmiştir. Mavi peynirlerde *Penicillium roqueforti* tarafından oluşturulan PR toksininin, amonyak ve amino asitlerle reaksiyona girmesi sebebiyle, stabil olmadığı görülmüştür (Scott, 1984)

Diğer İşlemlerin Etkisi

Buraya kadar belirtilen işlemlerin dışında kalan fiziksel temizleme işlemleri, bitkisel yağ elde etme işlemleri, süt veya mamullerinin pastörizasyon ve sterilizasyonu, fermentasyon işlemleri, katkı maddeleri ilavesi v.b. işlemlerin gıdalardaki mikotoksinlerin stabilitesini etkilediği yapılan çeşitli çalışmalarla gösterilmiştir. Brekke ve ark. (1975 b), aflatoksin B₁ ile kontamine edilmiş (10-450 ppb) beyaz ve sarı mısır örneklerinde kuru temizleme, yağ temizleme, yoğunluğa

göre seçme gibi çeşitli fiziksel ayırma metotlarının mısırların aflatoksin içeriklerini düşürmede pek etkili olmadığını bulmuşlardır. Okratoksin A ile buluşık tahılların yıkanmasıyla da toksin uzaklaştırılmamıştır. Ancak, *Penicillium expansum* tarafından çürütülen elmaların çürük kısımlarının ayrılarak atılmasıyla elma suyundaki patulinde % 93-97 oranında azalma olmuştur. Yağlı tanelerden yağ elde etmede rafinasyon ve ağartma işlemlerinin aflatoksinleri elemine ettiği, presleme ile elde edilen zeytin yağında % 76 civarında aflatoksin kaybı olduğu görülmüştür. Aflatoksin B₁ in sütte bulunan bir metaboliti olan aflatoksin M₁ in pastörizasyon esnasında stabil kaldığı, sterilizasyon ve süt tozu elde etme işleminde büyük bir kısmının kayıp olduğu belirlenmiştir. Aflatoksinlerin yoğurt ve ayran da hemen hemen aynı kaldığı, süttten tereyağına çok az miktarda aflatoksin geçtiği ve aflatoksin M₁ in süt kazeinine bağlandığı tesbit edilmiştir. Biradaki okratoksin, pastörizasyon veya kaynatma işlemiyle tahrip edilememiştir. Hamurun fermantasyonu sırasında aflatoksinlerin bir kısmının (%19) kaybolduğu, elma suyundaki patulinin alkol fermantasyonu sonunda hemen hemen tamamen tahrip olduğu, buna karşılık aflatoksin ve okratoksinin bira yapma işleminde uzaklaştırılmadığı belirlenmiştir (Scott, 1984). Katkı maddeleri de, gıdalardaki mikotoksinlerin stabilitesi üzerine etkili bulunmuştur. Meselâ, yarım saat düdüklü tencerede pişirilen yerfıstıklarında aflatoksin kaybı % 35 olurken, % 5 NaCl ilâvesiyle bu oran % 80-100'e çıkmıştır. Meyve sularına C vitamini katılmasıyla patulinde azalma görülmüştür. Ancak reçele ilâve edilen sakkarozun, patulinin ısı işleminden koruduğu kaydedilmiştir. Bazen, gıda katkı maddeleri, uygulanan işleme göre farklı etki gösterebilmektedir. Meselâ bromat, hamur yapma safhasında aflatoksinin parçalanmasını engellemiş, ekmek pişirme sırasında tahribatı hızlandırmıştır (Scott, 1984).

Araştırma sonuçları, gıda işlemleri ile mikotoksinlerin kaybı veya dekompozisyonunun karmaşık bir durum olduğunu, yani mikotoksinlerin stabilitesinin; mikotoksinin yapısal özelliğine, gıdanın yapısına, su muhtevasına, katkı maddelerine, kontaminasyon seviyesine, depolama süresine, gıda işleminin özelliğine v.b. faktörlere bağlı bulunduğunu ortaya koymuştur.

KAYNAKLAR

- Baur, F.J. 1975. Effect of storage upon aflatoxin levels in peanut materials. J. Amer. Oil Chem. Soc. 52 (8): 263-265.
- Bennett, G.A., R.A. Anderson. 1978. Distribution of aflatoxin and/or zearalenone in wet-milled corn products: A review. J. Agric. Food Chem. 26(5): 1055-1060.
- Bennett, G.A., E.E. Vandegrift, O. L. Shotwell, S.A. Watson, B.J. Bacon. 1978. Zearalenone: Distribution in wet-milling fractions from contaminated corn. Cereal Chem. 55(4): 455-461.

- Brekke, O.L., A.J. Peplinski, G.E.N. Nelson, E.L. Griffin, Jr. 1975 a. Pilot-plant dry milling of corn containing aflatoxin. *Cereal Chem.* 52 (2): 205-211.
- Brekke, O.L., A.J. Peplinski, E.L. Griffin. 1975 b. Cleaning trials for corn containing aflatoxin. *Cereal Chem.* 52 (2): 198-204.
- Collins, G.J., J.D. Rosen. 1981. Distribution of T-2 toxin in wet-milled corn products. *J. Food Sci.* 46 (3): 877-879.
- El-Banna, A.A., P.Y. Lau, P.M. Scott. 1983. Fate of mycotoxins during processing of foodstuffs. II-Deoxynivalenol (vomitoxin) during making of Egyptian bread. *J. Food Prot.* 46 (6): 484-486.
- El-Banna, A.A., P.M. Scott. 1983. Fate of mycotoxins during processing of foodstuffs. I-Aflatoxin B₁ during making of Egyptian Bread. *J. Food Prot.* 46 (4) : 301-304.
- Lieu, F.Y., L.B. Bullerman. 1977. Production and stability of aflatoxin, penicillic acid and patulin in several substrates. *J. Food Sci.* 42 (5): 1222-1228.
- Reiss, P.M. 1978. Mycotoxins in foodstuffs. XI. Fate of aflatoxin B₁ during preparation and baking of whole-meal wheat bread *Cereal. Chem.* 55 (4): 421-423.
- Seenappa, M., I.K. Nyagahungu. 1982. Retention of aflatoxin in ugali and bread made from contaminated maize flour. *J. Food Sci. Technol.* 19: 64-65.
- Scott, P.M. 1984. Effects of food processing on mycotoxins. *J. Food Prot.* 47 (6): 489-499.
- Wyllie, T.D., L.G. Morehouse (eds). 1978. *Mycotoxic fungi, mycotoxins, mycotoxicoses. An encyclopedic handbook, Vol. I.* New York, Marcel Dekker, Inc., p. 537.