

Bitki Çaylarında Mikrobiyal Kalite ve Mikotoksin Varlığı

Nuray CAN¹, Serap DURAKLI VELİOĞLU^{2*}

¹İstanbul Aydın Üniversitesi, Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu, Gıda Teknolojisi Programı, İstanbul, Türkiye

²Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ, Türkiye

Geliş / Received: 06/04/2018, Kabul / Accepted: 01/09/2018

Öz

Bitki çayları, *Camellia sinensis* dışındaki bitkisel materyalden elde edilmekte olup hem hoşça giden tatları nedeniyle hem de sağlığı korumak ve çeşitli rahatsızlıkları gidermek gibi amaçlarla eski zamanlardan beri kullanılmaktadır. Bununla birlikte, bu ürünlerin hasat öncesinde ve hasat sonrası üretim aşamalarında kontaminasyona uğrayabildiği bilinmektedir. Bu kontaminantlar arasında patojen bakteriler ve mikotoksijenik küfler önemli bir yer tutmaktadır. Bitki çaylarında uygun şartlarda gelişen mikotoksijenik küfler, insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri bulunan mikotoksinleri oluşturabilmektedir. Bu derlemede çay yapımında kullanılan bitkisel materyallerin mikrobiyal kalitesi ve bu ürünlerdeki mikotoksinlerin varlığı üzerine yapılmış çalışmalara yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bitki Çayı, Mikotoksinler, Mikrobiyal Kalite

Microbial Quality and Presence of Mycotoxins in Herbal Teas

Abstract

Herbal teas are derived from herbal materials other than *Camellia sinensis* and have been used since ancient times for their pleasurable tastes and for the purpose of maintaining health and relieving various ailments. However, it is known that these crops can undergo contamination prior to harvest and at post-harvest stage of production. Among these contaminants, pathogenic bacteria and mycotoxigenic molds are important. Mycotoxigenic molds that grow under suitable conditions in herbal teas can produce mycotoxins with adverse effects on human health. This review includes the studies that focused on the microbial quality of herbal materials used in tea making and presence of mycotoxins in these products.

Keywords: Herbal Tea, Microbial Quality, Mycotoxins

1. Giriş

Bitkiler yüzyıllardır beslenme, sağlığı koruma ve çeşitli hastalıkları tedavi etme başta olmak üzere farklı amaçlarla insanlar tarafından kullanılmaktadır. Günümüzde gıda, sağlık, kozmetik ve parfümeri gibi sektörlerde geniş kullanım alanı bulunan tıbbi ve aromatik bitkiler, son yıllarda dünya pazarlarında yüksek ticari hacme sahip oluşları ile dikkat çekmektedir. Yakın geçmişte uluslararası pazarda tıbbi bitkilere olan talepte iki kat artış olduğu, Dünya Sağlık Örgütü tahminlerine göre, şu an yıllık 14 milyar dolar olan talebin

2050 yılına kadar 5 trilyon dolar olacağı ifade edilmektedir (Bayramoğlu vd., 2009; Faydaoğlu ve Sürücüoğlu, 2011; Sezik, 2011; Tripathy vd., 2015). Asırlardır sağlığa faydalı bileşenlerin en önemli kaynağı olan tıbbi bitkiler, Dünya genelinde geleneksel tıp sistemleri ile entegre halde kullanılmaktadır. Geleneksel tıp sistemlerinde yararlanılan bitkisel ürünlerin büyük bir kısmı çay formunda tüketilmektedir (Vidovic vd., 2013). Bu türden bitkisel ürünlere atfedilen “doğal” ifadesinin zararsız anlamı taşıdığına ilişkin yerleşen yaygın kanaat sebebiyle gelişmiş ülkelerde de kullanımlarının giderek

arttığı belirtilmektedir (Kosalec vd., 2009). Dünyada olduğu gibi ülkemizde de bitki çayları yaygın olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde çay tüketim alışkanlıklarının değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilen bir araştırmada, bitki çayı tükettiğini belirten katılımcıların bir kısmının bitki çaylarını aktarlardan aldıkları, büyük çoğunluğunun ise marketlerden hazır poşet çay olarak aldığı ortaya konmuştur. Katılımcılar tarafından poşet bitki çaylarını tüketme nedenleri; demlemesinin pratik olması, çeşit sayısının fazla olması, sağlıklı olduğunun düşünülmesi, tat ve aromasının sevilmesi, çeşitli rahatsızlıklara iyi gelmesi ve doğal olduğunun düşünülmesi olarak ifade edilmiştir. Poşet bitki çayı tüketenlerin en yüksek oranda ihlamuru tercih ettiği, onu sırasıyla adaçayı ve kuşburnunun izlediği bildirilmiştir (Ulusoy ve Şeker, 2013). Bitki çaylarının, tüketiciler tarafından, “doğal”, “zararsız” ve/veya “sağlığa faydalı” olarak kabul edilmesine rağmen, yapılan çalışmalar, sıklıkla tıbbi amaçlarla kullanılan bitki çaylarının çeşitli kaynaklar vasıtasıyla mikroorganizmalar, mikotoksinler, pestisitler, ağır metaller gibi bazı kimyasal ve biyolojik tehlikeleri barındıran birer araç haline gelebildiğini göstermektedir (Scolari vd., 2001; Chan, 2003; Tripathy vd., 2015). Bitki çaylarının önde gelen kontaminasyon kaynakları arasında yer alan mikroorganizmalar, yaygın bir şekilde hem hasat öncesi hem de hasat, kurutma, sınıflandırma, öğütme, işleme, ambalajlama, depolama gibi üretim aşamaları sırasında bitki çaylarına bulaşabilmektedir. Literatürde bu ürünlerin çeşitli mikroorganizmaları barındırabildiğini, bunlar içerisinde patojen mikroorganizmaların ve mikotoksijenik küflerin yer alabildiğini gösteren çalışmalara rastlanmaktadır (Scolari vd., 2001; Stevic vd., 2012). Bitki çaylarında yaygın olarak bulunabilen mikroorganizmaların içinde mikotoksijenik küflerin yer alması, bu ürünlerin mikotoksinler açısından da riskli ürünler olmasına sebep olmaktadır. Çünkü uygun

koşullarda işlenmemiş ham materyalde çoğalan küflerin, ürünün bozulmasına neden olmasının yanında, insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olan mikotoksinleri de oluşturabildikleri bilinmektedir (Sabuncuoğlu vd., 2008; Erginkaya ve Kabak, 2010). Mikotoksin ifadesi Yunanca mantar anlamına gelen “mykes” ve Latince zehir anlamına gelen “toxicum” kelimelerinden türetilmiştir (Aiko ve Mehta, 2015). Mikotoksinleri, ağız, solunum ya da deriden absorpsiyon yoluyla vücuda alındığında insan ve hayvanlarda hastalık ve ölüme sebebiyet verebilen fungal metabolitler olarak tanımlamak mümkündür (Ashiq vd., 2014). Metabolit kavramı, metabolizma reaksiyonlarında oluşan maddeler için kullanılmakta olup sekonder metabolitler, üretildikleri organizmanın büyümesi için gerekli olmayan ve sadece sınırlı taksonomik gruplarda bulunan bileşikler olarak tanımlanmaktadır. Mikotoksinler, küflerin büyümesi ve gelişimi üzerinde hiçbir biyokimyasal önemi olmayan sekonder metabolitlerdir (Bentley, 1997; Hussein ve Brasel, 2001; Marin vd., 2013). Günümüzde yaklaşık 400 kadar mikotoksin tanımlanmış olup, mikotoksin üreten küf sayısının 350’yi bulduğu bilinmektedir (Tunail, 2000; Ashiq vd., 2014). *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Alternaria* ve *Claviceps* cinslerine ait türler, mikotoksin üretme yeteneğine sahip başlıca küflerdir (Huwig vd., 2001; Adams ve Moss, 2007; Do vd., 2015). Bir küf türü birden fazla sayıda mikotoksin üretebilmekte, aynı zamanda bir mikotoksin farklı küf türleri tarafından sentezlenebilmektedir (Tunail, 2000). En sık karşılaşılan mikotoksinler arasında aflatoksin, fumonisin, okratoksin, patulin, trikotesen ve zearalenon yer almaktadır (Huwig vd., 2001; Aiko ve Mehta, 2015). Mikotoksinlerin doğrudan veya dolaylı olarak tüketimi sonucu insan ve hayvanlar üzerinde meydana getirdiği toksik etkiler “mikotoksikozis” olarak tanımlanmakta olup, bu etkinin şiddeti mikotoksinin toksisitesine, organizmanın mikotoksine maruz kalma derecesine, yaşına,

beslenme durumuna ve maruz kalınan diğer kimyasallarla olası sinerjistik etkileşime bağlı olmaktadır (Peraica vd., 1999). İnsanlar tarafından, mikotoksin kalıntı ve metabolitlerini içeren bitkisel ve hayvansal gıdaların tüketilmesi yoluyla vücuda alınabilen mikotoksinler, karaciğer ve böbrek fonksiyonlarında bozulmaya yol açabilmekte, nörotoksik etki gösterebilmektedir. Bazı mikotoksinler, protein sentezine müdahale edebilmekte, cilt hassasiyeti veya nekrozdan aşırı immün yetmezliğe kadar değişen etkilere neden olabilmektedir. Bazı mikotoksinler ise teratojenik ve/veya kanserojen olabilmektedir (Hayes vd., 1974; Wogan vd., 1974; Visconti vd., 1991; Belmadani vd., 1998; Sweeney ve Dobson, 1998). Örneğin en yaygın bulunan mikotoksinler arasında yer alan aflatoksinler, International Agency for Research on Cancer (IARC) – (Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı) tarafından “Grup 1: İnsan için Kanserojen” olarak (IARC, 2012), okratoksin A (OTA) ve fumonisin B₁ (FB₁) ise Grup 2B: “İnsanda Kanser Oluşturması Mümkün” (IARC, 1993; 2002) olarak sınıflandırılmıştır. Ülkemizde mikotoksinlerin toksik etkileri üzerine yapılmış çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Aksoy vd. (2008), moniliformin mikotoksininin, insan lenfositlerindeki genotoksitesini araştırmış ve kısa süreli muamelelerde *in vitro* genotoksik etkili bir ajan olduğunu tespit etmiştir. Benzer şekilde Çelik vd. (2009) de, moniliforminle 48 saat süreyle muamele edilen lenfositlerde, kromozomal anormallik testinde kontrole göre anlamlı artışlar gözlemlenmiş ve elde ettiği bulguların, moniliforminin insan hücrelerinde kültürde sitogenetik etki gösterebileceğinin kanıtı olduğunu bildirmiştir. Gürbüz vd. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada ise paxilline, genotoksik etki açısından incelenmiş ve 2 µM ve daha yüksek konsantrasyonlarda genotoksik etkili olduğu bildirilmiştir. Lenfosit kültürlerinin farklı dozlarda patulin ile muamele edildiği bir çalışmada, Dönmez Altuntaş vd. (2013), elde edilen sonuçların

yüksek konsantrasyonlarda patulinin kültürlenmiş insan lenfositlerinde genotoksik, sitotoksik ve sitostatik olduğunu gösterdiğini ortaya koymuştur. Aflatoksin B₁ (AFB₁)’in zebra balığı embriyolarının gelişimi üzerine olan teratojenik etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, artan konsantrasyonlarda AFB₁ uygulanan balık embriyolarında, gelişim geriliği, vertebra anormallığı, kardiyak ödemi, çeşitli vücut kısımlarının oluşmaması gibi anormallikler gözlenmiş, AFB₁’e maruz kalma süresi ve AFB₁ konsantrasyonu arttıkça bu anormalliklerin görülme sıklığının ve ölümlerin arttığı belirtilmiştir (Şişman ve Yıldırım, 2007). Döllenenmiş tavuk yumurtalarında AFB₁’in farklı oranlarda mortaliteye neden olduğu ve embriyotoksik etkilerinin bulunduğu gösterilmiştir (Çelik vd., 2000; Durmuş vd., 2005). Yumurtaya değişik miktarlarda verilen AFB₁’in civcivlerin çıkış ağırlıklarına etkisinin incelendiği bir çalışmada Aydın vd. (2005), AFB₁ verilen grupların civciv çıkış ağırlıklarında ve rölatif civciv ağırlıklarında doza bağımlı olarak önemli düşüşler, mortalitelerinde ise belirgin artışlar gözlemlendiğini bildirmiştir. Öznurlu vd. (2012) tarafından, *in ovo* uygulanan AFB₁’in tibial büyüme plağının embriyonik gelişimini olumsuz yönde etkilediği ve bu piliçlerin büyüme sırasında iskelet bozukluklarına daha duyarlı olabileceği tespit edilmiştir. Bağışıklık sistemi üzerine mikotoksinlerin etkilerinin incelendiği çalışmalar da bulunmakta olup, döllenmiş yumurtalara uygulanan AFB₁’in hücrel ve humoral bağışıklıkta, özellikle anneden gelen antikörlerin embriyoya aktarılmasında azalmaya neden olduğu saptanmıştır (Sur vd., 2011). Oğuz vd. (2003), yemlerine 50-100 ppb aflatoksin katılan piliçlerde humoral bağışıklığın gelişimini enfeksiyöz bronşit ve yalancı veba hastalığına karşı incelemiş ve aflatoksin uygulamasının immunotoksik etkilere yol açtığını göstermiştir. Aflatoksinlerin insanlarda hepatoselüler karsinoma gelişimi için bir risk faktörü

olduğunu belirten Aydın vd. (2015), karaciğer kanseri ve siroz olan/olmayan hepatit B hastalarının serum (AFB₁), aflatoksin B₂ (AFB₂), aflatoksin G₁ (AFG₁) ve aflatoksin G₂ (AFG₂) konsantrasyonlarını belirlemek amacıyla gerçekleştirdiği bir çalışmada, karaciğer kanseri/siroz olmayan hastalardaki ortalama AFB₁ ve toplam aflatoksin düzeylerinin, sağlıklı kontrol grubuna göre anlamlı derecede yüksek olduğunu bildirmiştir. Ayrıca kronik hepatit B ve karaciğer kanseri olan hastalardaki ortalama AFB₁ ve toplam aflatoksin düzeylerinin de, sirozlu veya sirozu olmayan hepatit B hastalarına göre anlamlı derecede yüksek bulunduğunu bildirerek bu sonuçların, aflatoksinlere maruz kalan kronik hepatit B hastalarının, hepatoselüler karsinoma gelişimi için yüksek risk altında olduğunu düşündürdüğünü vurgulamıştır. Sağlığa zararlı maddeler içerisinde önemli bir yer tutan mikotoksinlerin, bitki çaylarında bulunabildiğini gösteren bazı çalışmalar mevcuttur. (Halt, 1998; Martins vd., 2001a; Santos vd., 2009). Bu nedenlerle, bitki çaylarının gıda güvenliği açısından değerlendirilmesinde, mikrobiyal kalitesi ve mikotoksin içeriğinin önemi büyüktür.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada geleneksel olarak çay yapımında kullanılan bitkisel materyallerin mikrobiyal kalitesi ve bu ürünlerde mikotoksin varlığı konusunda yapılan ulusal ve uluslararası bilimsel çalışmalar derlenmiştir.

3. Bulgular

3.1. Bitki Çayları

Günümüzde sağlık üzerine faydalı etkilerinin bulunması ve hoşça giden tatları sayesinde siyah çay, kahve gibi içeceklere bir alternatif olan ve yaygın şekilde tüketilen bitki çayları, çay bitkisi (*Camellia sinensis*) dışındaki herhangi bir tıbbi veya aromatik bitkiden

hazırlanan çaylar olarak tanımlanabilmektedir (Sezik, 2011; Zegarac vd., 2013). European Pharmacopoeia (Avrupa Farmakopesi) tarafından yapılan bir başka tanım ise, “ağızdan alıma yönelik olarak kullanılmadan hemen önce bir veya daha fazla bitkisel drogun infüzyon, dekoksiyon ya da maserasyonu yoluyla hazırlanan sulu preparatlardır” şeklindedir (Anonim, 2005). Özellikle son yıllarda, insan beslenmesinde fenolik bileşiklerin ana kaynaklarından biri haline gelen bitki çaylarına olan ilginin artmasında, içerdiği bu bileşiklerin antioksidan aktiviteye sahip olduğunun gösterilmesi etkili olmuştur (Atoui vd., 2005; Ivanova vd., 2005). Çeşitli kronik ve akut hastalıkların tedavisine yönelik olarak tüketilebilen bitki çayları, rahatlıkla temin edilebilmesi, hazırlanmasının kolay olması, çoğunlukla önemli yan etki göstermemesi, ucuz olması, yararlı bileşenlerce zengin olması gibi sebeplerle bir hekime danışmaksızın yaşlılar ve zayıf bünyeli hastalar tarafından da tercih edilmektedir (Tschiggerl ve Bucar, 2012). Soğuk algınlığı, kabızlık, diyare, hazımsızlık, uykusuzluk ve yorgunluk gibi çeşitli şikayetleri gidermek amacıyla yaygın olarak tüketilen bitki çaylarının, hazırlandığı bitkinin tohum, çiçek, yaprak, gövde, kök ya da bu kısımların tümünden kaynaklanabilen etkisi türe, yetiştikleri bölgeye, hasat zamanına, kurutma yöntemine ve depolama koşullarına bağlı olarak değişebilmektedir (Megahee, 1995; Kökdil, 2002; Chen ve Mujumdar, 2006). Ülkemizde 50-60 civarında bitkinin çay formunda tüketildiği ifade edilmektedir (Sezik, 2004). Binlerce bitkiden çay şeklinde yararlanmak mümkün olmakla birlikte, bir bitkinin çay şeklinde tüketilmesini etkileyen başlıca faktörleri, ülke kültürü, kişisel bilgi birikimi ile bölgedeki bitki çeşitliliği olarak saymak mümkündür (Akgül ve Ünver, 2001).

3.2. Bitki Çaylarında Mikrobiyal Kalite

Büyüyen küresel pazarı ve gittikçe artan kullanımları göz önüne alındığında, halk sağlığına yönelik bir tehlike yaratmaması için, tıbbi bitkilerin kalitesinin ve güvenilirliğinin üzerinde önemle durulması gerekmektedir. Çünkü bu türden ürünlerin, yetiştirme ve üretim aşamalarına bağlı olarak mikroorganizmalar, toksinler, toksik metaller, pestisit kalıntıları gibi çeşitli bulaşanlara maruz kalabildiği bilinmektedir (Kosalec vd., 2009). Çay yapımında kullanılan bitkisel materyalin mikroorganizmalar ile kontamine olması, toprak, su, gübre, lağım suları, hayvan atık ve artıkları vasıtası ile hasat öncesi olabildiği gibi, hasat, kurutma, sınıflandırma, öğütme, işleme, ambalajlama, depolama gibi üretim aşamaları sırasında da gerçekleşebilmektedir (Özyaral vd., 1994; Heperkan, 2006). Doğadan toplanan ve kültürü yapılan bitkisel materyaller arasında biyolojik kontaminasyonu karşılaştırmaya yönelik yeterli veri bulunmamasına rağmen, kültürü yapılan bitkisel materyalin daha çok hasat sonrasındaki işleme basamaklarında kontamine olduğu düşünülmektedir (Kosalec vd., 2009). Yapılan çalışmalarla, çay yapımında kullanılan bitkilerin yüksek düzeyde toplam bakteri (Wilson vd., 2004; Tournas ve Katsoudas, 2008; Vitullo vd., 2011) ve küf (Halt, 1998; Kolb, 1999; Tournas ve Katsoudas, 2008; Khattak, 2012; Omogbai ve Ikenebomeh, 2013) barındırabildiği, ayrıca koliform grubu bakterilerin (Legnani vd., 2001; Abou Donia, 2008) yanı sıra, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens* ile bunların sporları ve *Salmonella* spp. (Martins vd., 2001b; Kaya, 2006; Vitullo vd., 2011) ile kontamine oldukları bildirilmektedir. Bitki çaylarının tüketimi sırasındaki mikrobiyal yükünün, bitkisel materyalin mikrobiyal yüküne ve bitki çaylarının hazırlanma şekline bağlı olduğu açıktır. Sıcak su ile demlenerek hazırlanan bitki çaylarında yüksek sayıda bakteri bulunabildiği (Wilson vd., 2004)

gösterilmiştir. Maserasyon yolu ile hazırlanan bitki çayları önemli düzeyde mikroorganizma barındırabilmekte ve bu şekilde oda sıcaklığında demleme, mikroorganizmaların çoğalmasına olanak tanımaktadır. Kaynar su ile hazırlama çoğunlukla mikroorganizma sayısında azalma ve patojenlerin önemli oranda inaktivasyonu ile sonuçlanmakla birlikte, *Bacillaceae* familyasına ait bakteri sporları infüzyon gibi termal işlemlere direnç göstermekte ve bu termal şok sporların çimlenmesini teşvik edebilmektedir. Bu bakterilerden bazıları gıda zehirlenmelerine yol açmaları ile tanınan *B. cereus* ve *C. perfringens*'dir. Bu nedenle sıcak ya da soğuk suyla hazırlanan bitki çaylarının mikrobiyolojik kontaminasyonu önemlidir (Araujo ve Bauab, 2012). Bazı mikroorganizmaların bitki çaylarının sıcak su ile hazırlanmasından sonra da canlılığını sürdürebilmesi, bazı bakterilerin çaya uygulanan etanol ile ekstraksiyon gibi işlemleri tolere edebilmesi ve çok yüksek sıcaklıklara dayanıklı olabilmeleri gibi nedenlerle yüksek miktarda mikrobiyal yüke sahip bitki çaylarının tüketiminin insan sağlığı açısından risk taşıdığı ifade edilmektedir (Khattak, 2012). Bitki çayları gibi bitkisel materyallerde mikrobiyolojik stabilitenin sağlanması amacıyla önem verilmesi gereken iki üretim basamağı, kurutma ve depolamadır. Bitkinin kullanılacağı kısım, içerdiği aktif bileşenlerin korunması ve nem düzeyi gibi faktörler göz önünde bulundurularak koşulları belirlenen kurutma işleminin, düşük sıcaklıklarda yapılması bitkisel materyalde mikroorganizmaların gelişimine olanak tanımakta, diğer taraftan yüksek sıcaklıkta kurutma toplam aerobik mikroorganizma sayısında azalma sağlamaktadır. Depolama sırasındaki kötü havalandırma koşulları, çoğunlukla nem içeriğinin artmasına yol açmakta ve bu bitkisel materyaller küflerin gelişimi ve toksin üretimine daha elverişli hale gelmektedir. Bağlı nemin kontrol altında tutulmadığı durumlarda, bitkisel materyaldeki en yaygın kontaminantlardan olan küfler

gelişebilmektedir (Chen ve Mujumdar, 2006; Araujo ve Bauab, 2012). Ülkemiz gıda mevzuatında, gıdalarda bulunabilecek mikroorganizma düzeylerine ilişkin düzenleme, Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği'nde yer almakta olup, bitki çaylarında bulunmasına izin verilen maya küf sayısı 10^5 kob/g, *Salmonella* sayısı ise 0/25 g-mL olarak sınırlandırılmıştır (Anonim, 2011a). Dünya Sağlık Örgütü ise, bitki çayları için aerobik bakteri düzeyini $\leq 10^7$ /g, maya ve küf düzeyini $\leq 10^4$ /g, *Enterobacteriaceae* düzeyini $\leq 10^4$ /g, *Escherichia coli* düzeyini $\leq 10^2$ /g olarak belirlemiş ve *Salmonella* bulunmaması gerektiğini belirtmiştir (Anonim, 1998). Bitki çaylarında toksijenik küflerin varlığını belirlemek amacıyla gerçekleştirilen bir çalışmada Halt (1998), aralarında ıhlamur ve kuşburnunun da yer aldığı 73 örneği incelemiş, en baskın küflerin, örneklerin %54,58'inde bulunan *Penicillium* spp. ve %19,80'inde bulunan *Aspergillus* spp. olduğunu, en önemli aflatoksin üreticilerinden *Aspergillus flavus*'un örneklerin %16'sında bulunduğunu tespit etmiştir. Aynı amaçla gerçekleştirilen bir başka çalışmada, market ve pazardan temin edilen 15 türe ait 47 bitki çayı örneğini inceleyen Bokhari ve Aly (2013), baskın mikroflorayı 13 cins ve 25 türün oluşturduğunu, mikotoksikolojik açıdan son derece önemli kabul edilen *Aspergillus*, *Penicillium* ve *Fusarium* cinslerinin en fazla bulunan küfler olduğunu tespit etmiştir. Her bitki çayına ait en az bir örneğin, adaçayı, kakule, kaktüs ve krizantem örneklerinin ise tamamının küfler ile kontamine olduğunun belirlendiği çalışmada, küf kontaminasyonunun $4,4 \times 10^4$ kob/g'a ulaştığı belirlenmiş olup, buradan hareketle araştırmacılar, toksijenik küflerin varlığının mikotoksin kontaminasyonu için potansiyel bir risk oluşturduğunu ve tüketici sağlığı açısından riskleri azaltmak amacıyla işlenmemiş bitkisel çaylardaki toksijenik küfler için standartların düzenlenmesi gerektiğini belirtmiştir. Ülkemizde adaçayı,

ıhlamur ve nane ile bunlardan hazırlanan infüzyonlarda, Özyaral vd. (1994) tarafından mikolojik analiz yapılmış ve flora kaybı incelenmiştir. 27 örneğin incelendiği çalışmada, 27 ayrı türe ait toplam 122 adet küf izole edilmiş ve bunlardan 81 adedinin %33,6'lık bir kayıpla infüzyonlarda canlı kaldığı belirlenmiştir. Baskın mikroflorayı içinde önemli aflatoksin üreticisi *A. flavus* ve *A. parasiticus*'un da yer aldığı *Aspergillus*'ların oluşturduğu saptanmış olup, bu gibi ürünlerin kurutma, depolama, ambalajlama ve tüketime kadar geçen süre boyunca küf ve dolayısıyla toksinleri ile kontamine olarak sağlığı tehdit edebileceği vurgulanmıştır. Benzer şekilde aralarında 13 adet ıhlamur, 13 adet papatya, 2 adet adaçayı ve 2 adet nanenin de yer aldığı toplam 62 adet tıbbi bitki örneğinin mikrobiyal kalitesini belirlemek amacıyla Martins vd. (2001b) tarafından yapılan bir çalışmada, %93,5'inin fungal kontaminasyona maruz kaldığı saptanan örneklerde *Fusarium* spp., *Penicillium* spp., *A. flavus* ve *A. niger*'in baskın küfler olduğu tespit edilmiş, ıhlamurun *A. flavus* ile en yüksek düzeyde kontamine olmuş örnekler arasında ikinci sırada yer aldığı belirlenmiştir. Ayrıca tamamına yakınının (%96,8) *B. cereus* ve büyük bir kısmının (%83,9) *C. perfringens* gibi patojen bakteriler ile kontamine olduğu belirlenen örneklerin çizdiği mikrobiyolojik tablo nedeniyle yüksek risk oluşturdukları ve bu nedenle bu tip ürünlere yönelik hijyenik uygulamalar ile dekontaminasyon yöntemlerinin geliştirilmesi gerektiği bildirilmiştir. Bu ürünlerde *Aspergillus*, *Fusarium* ve *Penicillium* cinslerinin en sık karşılaşılan küfler olduğunu gösteren bir başka çalışmada Abou Donia (2008), Mısır'da bazı baharat ve bitki çaylarına ait 303 örneği incelemiş, incelenen tüm örneklerde söz konusu küflerin bulunduğunu tespit eden araştırmacı, en yüksek oranda küf barındıran tıbbi bitkinin rezene olduğunu, *A. flavus* ve *A. niger*'in en baskın türler olduğunu ortaya koymuştur. Abou-Arab vd. (1999) tarafından

yapılan çalışmada ise ihlamur, papatya, nane, kimyon ve anasondan oluşan 20 örnek fungal kontaminasyon açısından değerlendirilmiş ve *Aspergillus* ve *Penicillium*'un en sık karşılaşılan cinsler olduğu, *A. flavus*'un ise biri dışında tüm örneklerde bulunduğu ve çoğu örnekte en baskın tür olduğu belirlenmiştir. Aralarında rezene gibi bitki çaylarının da yer aldığı tıbbi bitkilerin güvenilirliğini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen bir çalışmada 38 türden 63 tıbbi bitki örneği incelenmiştir. Küf kontaminasyonunun, 58 örnekte 5×10^1 - 5×10^4 kob/g düzeyinde ve örneklerin %47'sinde Dünya Sağlık Örgütü tarafından belirlenen limitlerin üzerinde olduğunu saptayan araştırmacılar, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Alternaria* ve *Rhizopus* cinslerine ait 187 küfün izole edildiğini, örneklerin %66,66'sında bulunan *A. niger*'in en yaygın bulunan tür olduğunu belirlemiş, izole edilen küfler içerisinde, 19 AFB₁ üretici *A. flavus* ve 9 sitrinin üretici *Penicillium citrinum* tespit etmiştir (Aiko ve Mehta, 2016). Řezáčová ve Kubátová (2005), Prag'da yerel marketlerden ambalajlı ve ambalajsız olarak temin ettikleri siyah çay, yeşil çay ve papatya, melisa, mürver, ısırgan otu, rooibos, sinameki, hibiskus, mate, rezene, ihlamur gibi bitki çaylarında küf varlığını araştırmıştır. Tamamının kontamine olduğu belirlenen 40 örneğin incelendiği çalışmada, 81 küf türü tespit edilmiştir. Araştırmacılar tarafından bunlar arasında, en önemlilerinin potansiyel aflatoksinik *A. flavus*, okratoksijenik *A. ochraceus*, *A. niger* ve sterigmatosistin üretebilen *A. versicolor* olduğu bildirilen, çok sayıda toksijenik küfün yer aldığı belirtilmiştir. Benzer bir çalışmada Romagnoli vd. (2007), tıbbi ve aromatik bitki ile bitki çaylarına ait 27 örneği küflerin varlığını araştırmak için bir mikrobiyolojik incelemeye tabi tutmuştur. İtalya Cumhuriyeti Resmi Farmakopesi (9. Basım) bitki infüzyonları ve dekoksasyonlarında küfler için limit değerleri 10^4 kob/g olarak belirlemiş olduğundan, örneklerin %56'sının aflatoksin

içermese bile küfler tarafından kontamine edildiği sonucu ortaya konmuştur. Scolari vd. (2001), çay ve ihlamur, nane, papatya gibi bitki çaylarına ait 85 örneği incelemiştir. Bu çalışmada örneklerin %86'sının mikroorganizmalar ile kontamine olduğu ve bitki çaylarında 10^6 kob/g'a varan düzeyde toplam mezofilik aerobik bakteri ve 10^1 - 10^4 kob/g düzeyinde koliform grubu bakteri bulunduğu tespit edilmiştir. Miktarı 10^0 - 10^4 kob/g olarak belirlenen aerobik sporlu bakterilerin %40'ını *Bacillus* cinsinin oluşturduğunu, en yüksek küf düzeyine $2,0 \times 10^4$ kob/g ile papatyanın sahip olduğunu saptayan araştırmacılar, bitki çaylarının diğer çay örneklerine göre daha yüksek düzeyde mikroorganizma barındırdığını ortaya koymuştur. 69 adet bitki çayı örneğinde fungal kontaminasyon ve toplam mezofilik aerobik bakteri sayısının araştırıldığı bir başka çalışmada ise, Tournas ve Katsoudas (2008), örneklerde $5,8 \times 10^5$ kob/g'a varan düzeyde fungal kontaminasyon tespit etmiştir. *A. flavus*, *A. niger*, *A. carbonarius*, *A. versicolor*, *A. ochraceus*, *Fusarium*, *Penicillium* spp. gibi potansiyel mikotoksin üreticilerinin yanı sıra, örneklerin maya ve $1,2 \times 10^7$ kob/g gibi yüksek düzeyde toplam mezofilik aerobik bakteri barındırdığı bildirilmiştir. Omogbai ve Ikenebomeh (2013), Nijerya'da farklı amaçlarla kullanılan 5 farklı tip bitki çayına ait 27 örneği bakteri ve küf kontaminasyonu yönünden incelemiş, aralarında *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium* gibi patojenlerin de bulunduğu çeşitli bakterilerin yanı sıra $4,0 \times 10^2$ - $3,8 \times 10^5$ kob/g düzeyinde küf tespit etmiştir. Baskın küf mikroflorasını sırasıyla *A. niger*, *A. flavus* ve *P. expansum*'un oluşturduğunu bildiren araştırmacılar, aflatoksin üretme olasılığı nedeniyle *A. flavus* gelişiminin önlenmesi amacıyla bu tip ürünlerin hızlı bir şekilde kurutulmasının önemine değinmiştir. Stević vd. (2012) tarafından gerçekleştirilen, 40'ın üzerinde türden tıbbi bitkide bulunan bakteri ve küflerin izolasyonu ve tanımlanmasının amaçlandığı bir çalışmada, bazı örneklerin

toplam mezofilik aerobik bakteri ve maya küf düzeyi yönünden farmakope ve yönetmeliklerde belirtilen limitleri aştığı saptanmıştır. Örneklerin çoğunda *Bacillus* ve *Clostridium* cinslerine ait türlerin en baskın bakteriler olduğu ve aralarında ıhlamur ve nanenin de yer aldığı bazı örneklerde çok sayıda *E. coli* gibi patojenik bakteri tespit edilmiştir. Örneklerde 10^6 kob/g'ı bulan düzeyde küf saptanmış, en baskın türlerin ise *Fusarium* ve *Aspergillus* olduğu belirlenmiştir. Bitki çaylarına ait genel mikrobiyolojik tabloyu ortaya koyan Arslan (2013), organik tarım yöntemleri ile üretilen ve organik sertifikaya sahip bazı baharat ve dağ/ada çayı, ıhlamur, kuşburnu, papatya, rezeneden oluşan bitkisel çay örneklerinde, küf-maya, *S. aureus*, *Enterobacteriaceae*, koliform bakteri seviyelerini belirlemeye yönelik bir çalışma yapmıştır. Mikrobiyolojik sayımları hızlı mikrobiyolojik analiz yöntemiyle gerçekleştirmiş, analizi yapılan 37 bitkisel çayın 30 tanesinde (%82) maya küf kontaminasyonu tespit etmiştir. En yüksek kontaminasyon seviyesine, ıhlamurun ($3,5 \times 10^3$ kob/g), en düşük seviyeye ise kuşburnunun ($1,1 \times 10^1$ kob/g) sahip olduğunu belirlemiştir. Örneklerin kontaminasyon seviyelerini, dağ/ada çayında $1,0 \times 10^1$ - $3,0 \times 10^3$ kob/g, ıhlamurda $3,3 \times 10^2$ - $5,2 \times 10^3$ kob/g, kuşburnunda $<1,0 \times 10^1$ - $2,1 \times 10^1$ kob/g, papatyada $<1,0 \times 10^1$ - $8,3 \times 10^3$ kob/g, rezenede $5,5 \times 10^1$ - $8,2 \times 10^3$ kob/g olarak tespit etmiştir. Analiz ettiği 37 bitkisel çay örneğinin 33 tanesinde (%89,19) *S. aureus*, 36 tanesinde (%97,29) *Enterobacteriaceae* ve 25 tanesinde (%67,56) koliform bakteri saptamış olup, maksimum kontaminasyon seviyesinin *S. aureus* için kontaminasyon seviyesi ortalamasına göre $>4,9 \times 10^4$ kob/g ile dağ/ada çayı, kuşburnu ve papatyada, *Enterobacteriaceae* için $>4,9 \times 10^4$ kob/g ile kuşburnunda, koliform bakteriler için ise $4,16 \times 10^4$ kob/g ile kuşburnunda görüldüğünü, minimum bakteriyel kontaminasyonun ise bitkisel çaylar içinde rezeneyle ait olduğunu bildirmiştir. Benzer bir çalışma HIV taşıyan

bireyler tarafından çay formunda kullanılabilen bitkisel materyallerin mikrobiyolojik kalitesini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiş, örneklerde toplam aerobik bakteri, koliform, *E. coli*, *S. aureus* ve maya küf sayımı yapılmıştır. Araştırmacılar tarafından toplam aerobik bakteri sayısı $1,5 \times 10^1$ - $7,1 \times 10^8$ kob/g, toplam ve fekal koliform sayısı <10 - 3×10^6 kob/g, *E. coli* sayısı <10 - 5×10^1 kob/g ve *S. aureus* sayısı <10 - $2,5 \times 10^3$ kob/g, maya ve küf sayısı <10 - 9×10^4 kob/g olarak tespit edilmiş olup, toplam aerobik bakteri, koliform ve maya küf sayım sonuçları açısından değerlendirildiğinde sırasıyla örneklerin %4, %13 ve %13'ünün Dünya Sağlık Örgütü tarafından bitki çayı ve infüzyonlarında bulunmasına izin verilen limitlerin üzerinde mikroorganizma içerdiği bildirilmiştir (Kaume vd., 2012). Literatürde bitki çaylarından izole edilen toksijenik küflerin, mikotoksin üretme potansiyelleri yönünden incelendiği çalışmalar da bulunmaktadır. Storari vd. (2012) tarafından İsviçre'de geleneksel olarak tüketilen, çoğunluğunu kuşburnu ve ıhlamurun oluşturduğu bitkisel çay örneklerinde siyah *Aspergillus*'ların izolasyonu ve karakterizasyonunun gerçekleştirildiği bir çalışmada, potansiyel toksijenik izolatlar mikotoksin üretimi açısından *in vitro* test yöntemleri ile analiz edilmiştir. 22 örnekten 16'sında 10^1 - $3,5 \times 10^3$ kob/g düzeyinde siyah *Aspergillus* kontaminasyonu belirlenmiş ve bunların çoğunlukla küfler arasında baskın mikroflorayı oluşturdukları belirtilmiştir. İncelenen bitkisel çayların aynı zamanda *Penicillium* ve *Fusarium* gibi diğer potansiyel toksijenik küfler ile değişen miktarlarda kontamine olduğu bulunmuştur. En sık bulunan türler, *A. niger* (41 izolat), *A. acidus* (39) *A. awamori* (27) ve *A. tubingensis* (23) olmuştur. Şarapta OTA kontaminasyonunun birincil nedeni olduğu düşünülen önemli OTA üretici tür *A. carbonarius* hiçbir örnekten izole edilmemiş, iki örnekte potansiyel aflatoksin üreticisi *A. flavus* ve *A. pseudotamari*'ye rastlanmıştır. *A. niger* ve *A.*

awamori, fumonisin ve OTA üretme yeteneklerini incelemek üzere *in vitro* test edilmiştir. *A. niger* izolatlarının %76'sının ve *A. awamori* izolatlarının %37'sinin fumonisin ürettiği, fumonisin B₂ (FB₂) 'nin yanı sıra neredeyse tüm izolatların fumonisin B₄ (FB₄) ve fumonisin B₆ (FB₆) ürettiği gözlemlenmiştir. Toplamda 22 örnekten 12'sinin fumonisin üretebilen siyah *Aspergillus*'lar ile kontamine olduğu tespit edilen çalışmada, iki farklı çay örneğinden üç *A. niger*'in (%7) OTA ürettiği, hiçbir *A. awamori*'nin ise OTA üretmediği bildirilmiştir. Rizzo vd. (2004) tarafından, 13 işletmeden temin edilen 56 tıbbi bitki türüne ait 152 kurutulmuş hammaddede toksijenik *Aspergillus*, *Penicillium* ve *Fusarium* suşlarının varlığı ve *in vitro* şartlarda mikotoksin üretme yetenekleri araştırılmıştır. AFB₁, AFB₂, AFG₁, AFG₂ ve trikotesen tespiti için TLC, OTA ve FB₁ ile FB₂ tespiti için HPLC kullanılmıştır. Örneklerden izole edilen 40 *A. flavus* ve *A. parasiticus* suşunun %50'sinin aflatoksinleri ürettiği belirlenmiştir. Farklı örneklerden izole edilen *A. flavus* suşlarının 2000 µg/kg'a kadar AFB₁ ve AFB₂, *A. parasiticus* suşlarının 2000 µg/kg'a kadar AFB₁, AFB₂, AFG₁, AFG₂ ürettiği tespit edilmiştir. Melisa ve ıhlamurdan izole edilen *A. flavus*'ların 100-1000 µg/kg düzeyinde AFB₁ ve AFB₂, yine melisa ve ıhlamurdan izole edilen *F. verticillioides*'in sırasıyla 4-0,150 µg/kg, 0,9-0,350 µg/kg aralığında FB₁ ve FB₂ ürettiği belirlenmiştir. Hindistan'da yapılan bir çalışmada, yeşil kakule, siyah kakule, küçük hindistan cevizi, tarçın ve karanfilden oluşan, çay formunda tüketilebilen 219 örnekte potansiyel mikotoksin üretici küfler ve mikotoksin üretme yetenekleri araştırılmıştır. *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Rhizopus*, *Mucor* cinslerine ait 16 türün izole edildiği çalışmada, 5 çeşit örneğin tamamında *A. paraciticus*, *A. niger*, *A. flavus*, *P. citrinum*, *P. verrucosum* ve *F. oxysporum*'un bulunduğu, bunlardan *A. flavus* ve *A. niger*'in en baskın türler olduğu belirlenmiştir. *A. niger*, *A.*

ochraceus, *P. citrinum* ve *P. verrucosum*, OTA ve sitrinin üretme potansiyelleri açısından incelenmiş ve *A. niger*'in %33,3'ünün, *A. ochraceus*'un %25,7'sinin, *P. verrucosum*'un %36,8'inin OTA, *P. citrinum*'un %51,4'ünün, *P. verrucosum*'un %13,1'inin sitrinin ve *P. verrucosum*'un %36,8'inin OTA üretebildiği tespit edilmiştir (Jeswal ve Kumar, 2013).

3.3. Bitki Çaylarında Mikotoksinler

Bitki çayları çeşitli yollarla mikroorganizma kontaminasyonuna uğrayabilmekte, bu mikroorganizmalar arasında da küfler önemli bir yer tutmaktadır (Santos vd., 2013). Küfler, bitki çaylarının doğal florasında bulunabildiği gibi, bu ürünlere hava ve toprak yoluyla da bulaşabilmektedir (Araujo ve Bauab, 2012). Fiziksel olarak zarar görmüş bir mahsulün, toprak ile temas halinde iken mikotoksijenik küfler ile bulaşma oranı yüksek olmaktadır. Küflerin varlığı daima mikotoksinlerin de olduğu anlamına gelmemekte ancak mikotoksin tehlikesine işaret etmektedir. Çoğu zaman insanoğlunun kontrolü dışında gelişen çevresel koşulların, küflerin gelişimi için uygun olduğu durumlarda, hasat öncesinde mikotoksin üretimi meydana gelebilmektedir (Heperkan, 2006). Öte yandan bu tür ürünlerin hasat, kurutma, depolama, nakliye gibi üretim ve üretim sonrası işlemler sırasında uygun olmayan koşullara maruz bırakılması da, küf gelişimine ve sonraki aşamada mikotoksin oluşumuna yol açabilmektedir (Santos vd., 2013). Depolama koşulları, özellikle yığınlar halinde depolamada küf gelişimini teşvik etmektedir (Heperkan, 2006). Sıcaklık ve nem kontrolü yapılmaksızın uzun süre kötü koşullarda depolanan bitki çayları küf gelişimi ve mikotoksin üretimine uygun hale gelmektedir (Araujo ve Bauab, 2012). Nitekim bitki çaylarında mikotoksinlerin varlığının araştırılmasına yönelik ülkemizde ve yurt dışında yapılmış çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Tablo 1'de bu çalışmalardan bazılarına yer verilmiştir. Ülkemizde

gıdalarda bulunabilecek mikotoksinlerin maksimum limitleri ile ilgili yasal düzenleme “Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği”nde yer almaktadır. Bu yönetmeliğin ekinde bazı gıdalarda bulunmasına izin verilen maksimum aflatoksin, OTA, patulin, deoksinivalenol (DON), zearalenon (ZEA) ve fumonisin limitlerine yer verilmiştir. Buna göre maksimum limitler, kurutulmuş meyvelerde (doğrudan insan tüketimine sunulan veya gıda bileşeni olarak kullanılan), AFB₁ için 8,0 µg/kg, toplam aflatoksin (B₁+B₂+G₁+G₂) için 10,0 µg/kg, bazı baharatlarda AFB₁ için 5,0 µg/kg, toplam aflatoksin için 10 µg/kg olarak belirlenmiştir (Anonim, 2011b). Avrupa Birliği mevzuatında ise bu mikotoksinlere ek olarak T-2 ve HT-2 toksin ile sitrinin limitleri yer almaktadır. Bu mevzuatta ülkemizdeki düzenlemeye benzer şekilde baharatlar için AFB₁ seviyesi 5,0 µg/kg, toplam aflatoksin seviyesi 10 µg/kg olarak belirlenmiştir. Farklı olarak, incir dışında kalan ve doğrudan insan tüketimine sunulan veya gıda bileşeni olarak kullanılan kurutulmuş meyvelerde AFB₁ düzeyi 2,0 µg/kg, toplam aflatoksin düzeyi 4,0 µg/kg olarak sınırlandırılmıştır (Anonim, 2006). Ancak bitki çaylarına yönelik bir düzenleme ne ülkemiz ne de Avrupa Birliği mevzuatında mevcuttur. Can ve Duraklı Veliöğlu (2016) tarafından ülkemizde yapılan bir çalışmada, ıhlamur ve kuşburnunda HPLC ile AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ varlığı araştırılmıştır. Örneklerin tamamında, incelenen aflatoksinlerden en az birinin tespit edilebildiği çalışmada, analiz edilen ıhlamur örneklerinin %47’sinde yalnızca AFG₂ ve kuşburnu örneklerinin %87’sinde yalnızca AFG₁ veya AFG₂ saptanmıştır. İki adet ıhlamur örneğinin tayin limitinin (AFG₁ ve AFG₂ için sırasıyla 0,156; 0,162 µg/kg) üzerinde aflatoksin içerdiği belirlenmiş olup, bunlardan birinde 0,158 µg/kg AFG₁ ve 0,168 µg/kg AFG₂, diğerinde ise 0,162 µg/kg AFG₂ belirlenmiş, bu ürünlerin düşük düzeyde de olsa aflatoksinleri içerebildiği ifade edilmiştir. Bu ürünlerde yasal limitlerin üzerinde

aflatoksin tespit edilen çalışmalar da bulunmaktadır. Ihlamur, papatya, zencefil, keten tohumu, lavanta, biberiye, fesleğen, adaçayı, kekikotu, sinameki, melisa ve rezeneden oluşan 48 işlenmemiş bitki çayı örneğinin HPLC ile AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ varlığı yönünden incelendiği bir çalışmada, toplam 43 örnekte aflatoksin tespit edildiği, AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ kontaminasyon seviyelerinin sırasıyla 0-14,2, 0-12,4, 0-13,5 ve 0-28,7 µg/kg arasında değiştiği ve en yüksek aflatoksin konsantrasyonuna (34,18 µg/kg) bir papatya çayı örneğinde rastlanıldığı bildirilmiştir (Tosun vd., 2016). Bir diğer çalışmada Arslan (2013), organik tarım yöntemleri ile üretilen ve organik sertifikaya sahip 93 baharat ve 9 dağ/ada çayı, 5 ıhlamur, 6 kuşburnu, 10 papatya, 7 rezeneden oluşan 37 bitkisel çay örneğini incelemiştir. ELISA testinin kullanıldığı çalışmada, incelenen organik bitkisel çay örneklerinin %86’sında AFB₁ tespit edilmiş ve AFB₁ düzeylerinin, ıhlamurda 0,051-40,647 µg/kg, kuşburnunda 20,695-52,500 µg/kg, rezenede 1,069-11,034 µg/kg, papatyada 3,438-38,877 µg/kg, dağ/ada çayında 0,246-32,239 µg/kg olduğu bildirilmiştir. Öte yandan Dağdelen vd. (2014), ulusal çapta üretimde önemli yeri olan bir firmadan 2010 yılı mahsulü ham ve paketlenmiş halde tedarik ettikleri adaçayı, ıhlamur, kuşburnu, papatya ve rezenenin AFB₁, AFB₂, AFG₁, AFG₂ düzeylerini HPLC ile belirledikleri çalışmalarında, analiz edilen ham numunelerde ve raf ömürleri boyunca periyodik olarak 1, 12, 18, 24, 28, 32 ve 36. aylarda analiz edilen paketlenmiş örneklerdeki aflatoksin düzeyinin ölçüm limitinin altında olduğunu bildirmiştir. Ülkemizde yapılan bir diğer çalışmada Omurtag ve Yazıcıoğlu (2004), İstanbul’daki market ve pazarlardan temin ettikleri 54 bitki çayı ve Türkiye’de birçok insan tarafından kullanılan doğal infüzyonlardan olan 61 tıbbi bitki örneğinde HPLC ile FB₁ ve FB₂ varlığını araştırmıştır. Siyah çay, yeşil çay, defne, mısır puskülü, papatya, kuşburnu, dağçayı, ıhlamur,

adaçayı, nane, ısırgan otu, sinameki, kekik, rezene, meyankökü, maydanoz-mısır püskülü-kiraz sapı-biberiye-rezene karışımı, papatya-mayasilotu karışımı, nane-ısırgan otu karışımı, papatya-rezene-kısamahmut otu karışımının oluşturduğu örneklerden, nane ve ısırgan otunda sırasıyla 160 ve 1487 µg/kg düzeyinde FB₁ tespit edildiği, FB₂'ye ise hiçbir örnekte rastlanmadığı ortaya konmuştur. Martins vd. (2001a) tarafından gerçekleştirilen benzer bir çalışmada, Lizbon'daki farklı marketlerden temin edilen 18 portakal ağacı yaprağı, 18 ihlamur, 15 mısır püskülü ve 18 papatya örneğinden oluşan 69 tıbbi bitki ile 18 siyah çay örneği olmak üzere toplam 87 örnekte FB₁ ve FB₂ düzeyi HPLC ile incelenmiştir. 57 örnekte (%65,5) FB₁ içeriğinin 20-700 µg/kg düzeyinde olduğu, hiçbir örnekte FB₂'ye rastlanmadığı belirtilen çalışma sonucunda, tıbbi bitkilerden %66,6'sının FB₁ içerdiği belirlenmiştir. Portakal ağacı yapraklarının 350-700 µg/kg ile en yüksek konsantrasyona sahip olduğu, onu %66,6'sının FB₁ ile kontamine olduğu belirlenen ihlamurun 20-200 µg/kg ile izlediği tespit edilmiştir. Araştırmacılar, mısır püskülü örneklerinin %60,0'mının ve papatya örneklerinin %44,4'ünün FB₁ içerdiğini ve sırasıyla 50-150 µg/kg ve 20-70 µg/kg arasında değişen FB₁ konsantrasyonlarına sahip olduklarını bildirmiştir. Suudi Arabistan'da yaşayan yerel halk tarafından tüketilen bitkisel çaylarda FB₁ varlığının araştırıldığı bir çalışmada 15 türe ait 47 örnek HPLC ile analiz edilmiştir. Market ve pazarlardan ambalajsız olarak temin edilen örneklerde FB₁ düzeyinin ortalama 39,14 µg/kg olduğu ve 0-266 µg/kg arasında değiştiği, en yüksek FB₁ konsantrasyonuna adaçayının sahip olduğu ortaya konmuştur (Bokhari ve Aly, 2013). Tıbbi bitkilerin insan sağlığına yönelik olarak mikotoksikolojik açıdan risk taşıyıp taşımadığını belirlemek amacıyla gerçekleştirilen bir çalışmada ihlamur, sinameki, nane, melisa gibi bitkilerin de yer aldığı 81 örnekte aflatoksin düzeyi araştırılmıştır. Araştırmacılar bitki çayı

yapımında kullanılmak üzere hazırlanmış kurutulmuş bitki karışımından oluşan 25 örneği son ürün, bir kısmı doğadan toplanmış bir kısmı serada yetiştirilmiş bir süredir depolanmakta olan 38 örneği ham bitkisel materyal ve doğadan henüz toplanan 18 örneği hasat örnekleri olarak sınıflandırmıştır. Rizzo vd. (1998), ham bitkisel materyal olarak sınıflandırılan örneklerden %8,7'sinde, turunç meyvesi kabuğu, akdiken kabuğu, ayrık otu ve ıhlamurda AFB₁ ve AFB₂ tespit edildiğini bildirmiştir. Zhang vd. (2017), çayı yapılarak tüketilebilen 14 tıbbi bitki örneğini HPLC ile AFB₁, AFB₂, AFG₁, AFG₂ varlığını belirlemek üzere incelemiş ve küf kontaminasyonu olan bir örnekte, 6,75 µg/kg düzeyinde AFB₁ ve tayin limitinin (1 µg/kg) altında AFB₂ tespit etmiştir. İran'da yapılan bir çalışmada aralarında bitki çayı olarak tüketilen papatya, adaçayı, rezene ve nanenin de yer aldığı ambalajlı ve ambalajsız olarak temin edilen toplam 120 bitkisel ürün, AFB₁, AFB₂, AFG₁ ve AFG₂ seviyelerini belirlemek amacıyla HPLC ile analiz edilmiştir. İncelenen örneklerden 37'sinin aflatoksin ile kontamine olduğu ve aflatoksin konsantrasyonunun 0,2-57,5 µg/kg düzeyinde olduğu belirlenen çalışmada, AFB₁ ve toplam aflatoksin seviyesinin sırasıyla örneklerin %13,3 ve %10'unda Avrupa Birliği tarafından belirlenen limitleri aştığı tespit edilmiştir (Khazaeli vd., 2017). Aralarında sinameki, nane gibi bitki çaylarının da yer aldığı tıbbi bitkilerde aflatoksin varlığının HPLC-MS/MS ile incelendiği, Liu vd. (2012) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, analiz edilen 174 örnekten 27'sinin aflatoksin ile kontamine olduğu, örneklerde AFB₁, AFB₂, AFG₁, AFG₂ görülme sıklığı ve maksimum düzeylerinin sırasıyla %15,52, %14,37, %6,32 ve % 2,30; 239,62, 13,50, 34,21 ve 3,5 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Kış kirazı, eğir otu gibi çayı yapılarak tüketilebilen bitkilerden oluşan 6 türe ait 62 örneğin TLC ile AFB₁ içeriği yönünden incelendiği bir çalışmada örneklerin ortalama 41-95,4 µg/kg AFB₁ içerdiği belirlenmiştir (Kumar vd.,

2009). Bitki çaylarında, birden fazla türden mikotoksinin varlığının araştırıldığı çalışmalar da bulunmaktadır. Ihlamur ile kuşburnunun da aralarında yer aldığı 62 tıbbi bitki ve 11 bitkisel çay örneğinde küf ve mikotoksin seviyesini araştırdığı çalışmasında Halt (1998), en önemli aflatoksin üreticilerinden *A. flavus* ile kontamine olduğunu belirlediği örneklerden 7'sinde AFB₁, OTA ve ZEA mikotoksinlerinin varlığını TLC ile incelemiştir. Söz konusu örneklerde aflatoksine rastlamamış, bir ihlamur örneğinde eser miktarda OTA tespit etmiştir. Santos vd. (2009), ihlamur, adaçayı, rezene gibi ülkemizde yaygın olarak kullanılan bitki çaylarının da aralarında yer aldığı 84 tıbbi ve aromatik bitki örneğinin mikotoksin içeriğini ELISA yöntemi ile analiz etmiştir. Araştırmacılar, incelenen 84 numuneden %99'unun T-2 toksin, %98'inin ZEA, %96'sının aflatoksin, %63'ünün OTA, %62'sinin DON, %61'inin sitrinin ve %13'ünün fumonisin B (FB)'ler ile kontamine olduğunu, örneklerin yaklaşık %87'sinin dört veya daha fazla mikotoksini aynı anda içerirken, neredeyse her örnekte aflatoksinlerin, T-2 toksin ve ZEA ile birlikte bulunduğunu, bitkilerde çalışılan mikotoksinler için Avrupa Birliği'nde yasal limitler olmamasına rağmen diğer gıdalar için verilen yasal limitlerle karşılaştırıldığında belirlenen mikotoksin miktarının bazı örneklerde oldukça yüksek olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca, adaçayı örnekleri ve papatya örneklerinden birinin, incelenen 7 mikotoksinin tamamı ile kontamine olduğu, adaçayı örneklerinin yüksek aflatoksin (23,8-25,2 µg/kg) ve OTA (1,1-17,3 µg/kg) düzeyine sahip olduğu belirlenmiştir. Hu ve Rychlik (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, Çin'de nane, zencefil gibi bitki çaylarının da aralarında yer aldığı tıbbi bitkilerde *Fusarium* mikotoksinleri olan enniatin A (ENN A), enniatin A₁ (ENN A₁), enniatin B (ENN B), enniatin B₁ (ENN B₁) ve beauvericin (BEA) varlığı LC-MS/MS ile araştırılmıştır. 60 farklı türden 1'er örneğin

analiz edildiği çalışma sonucunda, örneklerin %25'inin incelenen mikotoksinlerden en az biri ile kontamine olduğu, maksimum ENN A, ENN A₁, ENN B, ENN B₁, BEA seviyelerinin sırasıyla 355 µg/kg, 253 µg/kg, 290 µg/kg, 40,2 µg/kg, 125 µg/kg olarak tespit edildiği, toplam mikotoksin miktarlarının 2,5-751 µg/kg arasında değiştiği ortaya konmuştur. Hindistan'da yapılan bir çalışmada yeşil kakule, siyah kakule, küçük hindistan cevizi, tarçın ve karanfilden oluşan 219 örnekte potansiyel mikotoksin üretici küfler ile OTA ve sitrinin varlığı araştırılmıştır. Mikotoksin analizinin ELISA testi ile gerçekleştirildiği ve LC-MS/MS ile doğrulandığı çalışma sonucunda, örneklerdeki ortalama OTA ve sitrinin kontaminasyonunun sırasıyla 42-117 µg/kg, 0-76 µg/kg arasında değiştiği ve örneklerin büyük çoğunluğunda sitrinin ve OTA'nın birlikte bulunduğu ortaya konmuştur (Jeswal ve Kumar, 2013). Aralarında rezene gibi bitki çaylarının da yer aldığı tıbbi bitkilerin güvenilirliğini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen bir çalışmada 38 türden 63 tıbbi bitki örneği incelenmiştir. Örnekler aflatoksin ve sitrinin kontaminasyonu tespiti için HPLC ile analiz edilmiş ve bir örnekte 2,5 µg/kg AFB₁ tespit edilmiştir (Aiko ve Mehta, 2016). Literatürde, bitki çaylarında mikotoksin bulunmadığını rapor eden çalışmalar da mevcuttur. Romagnoli vd. (2007), İtalya'daki Emilia Romagna Bölgesindeki pazar, market ve antrepolardan rastgele temin ettikleri, aralarında kuşburnunun da bulunduğu 48 tıbbi bitki ve bitki çayı, 27 aromatik bitki, 28 baharatı HPLC ile aflatoksin tespiti için analiz etmiştir. Analiz edilen 7 baharatın aflatoksin içerdiği, bitki çaylarında ise aflatoksin tespit edilmediği bildirilmiştir. Mısır'da yapılan bir çalışmada Abou-Arab vd. (1999), küçük çocuk ve yetişkinler tarafından sıklıkla tüketildiğini belirttikleri ihlamur, papatya, nane, kimyon ve anasondan oluşan örnekleri aflatoksin içeriği yönünden incelemiştir. İkisi ambalajlı olmak üzere her bitkiden 4'er örnek, toplamda 20 örneğin incelendiği çalışmada

araştırmacılar, hiçbir örnekte aflatoksine rastlanmadığını ortaya koymuştur.

Tablo 1. Bitki çaylarında mikotoksin varlığına yönelik yapılmış çalışmalar

Ürün	Mikotoksin	Örnek Sayısı	Pozitif Örnek	Miktar (µg/kg)	Yöntem	Kaynak
Ihlamur Rezene Papatya Dağ/Adaçayı Kuşburnu	AFB ₁	37	32	0,051-40,647 1,069-11,034 3,438-38,877 0,246 -32,239 20,695-52,500	ELISA	Arslan 2013
Bitki çayı Tıbbi bitki	FB ₁ -FB ₂	115	2	160-1487	HPLC	Omurtag ve Yazıcıoğlu 2004
Adaçayı	OTA FB'ler AF'ler ZEA T-2 DON Sitrinin	2	2	1,1-17,3 130-133,3 23,8-25,2 4,7-5,2 0,6-2,5 83,6-102,2 51,6-273,2	ELISA	Santos vd. 2009
Papatya	OTA FB'ler AF'ler ZEA T-2 DON Sitrinin	2	2	0,8-1,0 <83,0-90,0 35,8-161,0 7,3-12,5 3,5-8,3 123,4-191,5 31,7-49,3	ELISA	Santos vd. 2009
Bitki çayı- Tıbbi bitki	AFB ₁ AFB ₂ AFG ₁ AFG ₂	48	0	-	HPLC	Romagnoli vd. 2007
Ihlamur	Okratoksin A	1	1	İz	TLC	Halt 1998
Siyah çay Portakal yaprakları Ihlamur Mısır püskülü Papatya	FB ₁	87	57	80-280 350-700 20-200 50-150 50-70	HPLC	Martins vd. 2001a
Ihlamur Kuşburnu	AFB ₁ AFB ₂ AFG ₁ AFG ₂	30	3	0,158 0,162	HPLC	Can ve Duraklı Velioglu 2016
Adaçayı Ihlamur Kuşburnu Papatya Rezene	AFB ₁ AFB ₂ AFG ₁ AFG ₂	Belirtilmemiş	0	-	HPLC	Dağdelen vd. 2014
Ihlamur Papatya Nane Anason Kimyon	AFB ₁ AFB ₂ AFG ₁ AFG ₂	20	-	-	-	Abou-Arab vd. 1999
Ihlamur Sinameki Nane vb.	AFB ₁ AFB ₂	81	0	-	TLC	Rizzo vd. 1998
Tıbbi bitki	AFB ₁ AFB ₂ AFG ₁ AFG ₂	14	1	67,5	HPLC	Zhang vd. 2017
Ihlamur, papatya, adaçayı, rezene vb. bitki çayları	AFB ₁ AFB ₂ AFG ₁ AFG ₂	48	43	12,4-28,7	HPLC	Tosun vd. 2016

Adaçayı, papatya vb. bitki çayları	FB ₁	47	25	0-266	HPLC	Bokhari ve Aly 2013
Papatya Adaçayı Rezene Nane vb.	AFB ₁ AFB ₂ AFG ₁ AFG ₂	120	37	0,2-57,5	HPLC	Khazeli vd. 2017
Sinameki, nane vb. tıbbi bitkiler	AFB ₁ AFB ₂ AFG ₁ AFG ₂	174	27	0,05-290,80	HPLC- MS/MS	Liu vd. 2012
Nane, zencefil vb. tıbbi bitkiler	ENN A ENN A ₁ ENN B ENN B ₁ BEA	60	15	3,4-354,6 21,7-252,5 3,9-290,5 13,4-40,2 4,6-124,8	LC- MS/MS	Hu ve Rychlik 2014
Nane, zencefil vb. tıbbi bitkiler	OTA Sitrinin	219	144	42-117 0-76	ELISA	Jeswal ve Kumar 2013
Rezene vb. tıbbi bitkiler	Aflatoksin Sitrinin	63	1	2500	HPLC	Aiko ve Mehta 2016
Kış kirazı, eğir otu vb.	AFB ₁	64	Belirtilmemiş	41-95,4	TLC	Kumar vd. 2009

4. Sonuç ve Tartışma

Ülkemizde ve dünyada kullanımları giderek yaygınlaşan bitki çaylarının gerek kimyasal gerek biyolojik çeşitli kirliliklere maruz kaldığı bilinmektedir. Bu kirliliklerin arasında mikroorganizmalar önemli bir yere sahiptir. Yapılan çalışmalar, bitki çaylarının birçok mikroorganizmanın yanı sıra özellikle toksijenik küfler ile de kontamine olabildiğini ve küflerin uygun şartlarda bu ürünlerde gelişerek insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri bulunan mikotoksinleri meydana getirebildiğini ortaya koymaktadır. Üretim şekli itibarıyla bunları elimine edebilecek bir işlemde geçmedikleri göz önüne alındığında, insanların kontamine bitki çaylarını tüketmesi sonucu mikotoksinlerin sağlığa zararlı etkilerine maruz kalabileceğini ifade etmek mümkündür. Alternatif bir sıcak içecek olarak tüketilmesinin yanı sıra hastalıklardan korunmak ve çeşitli hastalıkların tedavisine destek olmak amacıyla da kullanıldıkları düşünüldüğünde, bu ürünlerin tüketimi sonucu mikotoksin tehlikesi ile karşı karşıya kalılabileceğini gösteren çalışmalar, ortaya çıkan çelişkiyi gözler önüne sermektedir. Bu nedenle, hem diğer mikroorganizmaların hem de küflerin gelişimini minimum düzeyde tutmak ve özellikle de mikotoksin oluşumuna

engel olmak amacıyla bu ürünlerin yetiştirilme, hasat, işleme, depolama gibi tüm üretim aşamalarında hijyenik uygulamalara bağlı kalınmalı, mikrobiyal gelişim ve mikotoksin oluşumuna elverişli koşulların ortaya çıkmasına izin verilmemelidir.

5. Kaynaklar

- Abou-Arab, A.A.K., Kawther, M.S., El Tantawy, M.E, Badeaa, R.İ., Khayria, N. 1999. Quantity estimation of some contaminants in commonly used medicinal plants in the Egyptian market. *Food Chemistry*, 67, 357-363.
- Abou Donia, M.A. 2008. Microbiological quality and aflatoxinogenesis of Egyptian spices and medicinal plants. *Global Veterinaria*, 2(4), 175-181.
- Adams, M.R., Moss, M.O. 2007. *Food Microbiology*, Third Edition. Royal Society of Chemistry, UK, 478.
- Aiko, V., Mehta, A. 2015. Occurrence, detection and detoxification of mycotoxins. *Journal of Biosciences*, 40(5), 943-954.
- Aiko, V., Mehta, A. 2016. Prevalence of toxigenic fungi in common medicinal herbs and spices in India. *3 Biotech*, 6, 150-159.
- Akgül, A., Ünver, A. 2001. Bitkisel Çaylar. *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 11, 21-34.

- Aksoy, H., Yılmaz, S., Çelik, M., Yüzbaşıoğlu, D., Ünal, F. 2008. Moniliformin mikotoksininin in vitro genotoksik etkileri. *Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Dergisi*, 10(2), 1-14.
- Anonim 1998. Quality control methods for medicinal plant materials. World Health Organization Geneva.
- Anonim 2005. General Monographs. Herbal Teas. *European Pharmacopoeia 5.0* (01/2005:1435).
- Anonim 2006. Setting Maximum Levels for Certain Contaminants in Foodstuffs. Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19.12.2006.
- Anonim 2011a. Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği. *Resmi Gazete: 29.12.2011/ 28157* (3. Mükerrer).
- Anonim 2011b. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği, Gıdalardaki Bulaşanların Maksimum Limitleri. *Resmi Gazete: 29.12.2011/28157* (3. Mükerrer).
- Araújo, M.G.F, Bauab TM. 2012. Microbial Quality of Medicinal Plant Materials. In: *Latest Research into Quality Control*, (Edited by I. Akyar), InTech, 67-81.
- Arslan, R. 2013. Türkiye’de Üretilen Bazı Organik Baharat ve Bitkisel Çayların Aflatoksin B₁ Düzeyleri ve Mikrobiyolojik Kalitesinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- Ashiq, S., Hussain, M., Ahmad, B. 2014. Natural occurrence of mycotoxins in medicinal plants: A review. *Fungal Genetics and Biology*, 66, 1-10.
- Atoui, A.K., Mansouri, A., Boskou, G., Kefalas, P. 2005. Tea and herbal infusions: Their antioxidant activity and phenolic profile. *Food Chemistry*, 89, 27-36.
- Aydın, M., Aydın, S., Bacanlı, M., Başaran, N. 2015. Aflatoxin levels in chronic hepatitis B patients with cirrhosis or hepatocellular carcinoma in Balıkesir, Turkey. *Journal of Viral Hepatitis*, 22, 926-935.
- Aydın, M.F., Çelik, İ., Sur, E., Özparlak, H., Telatar, T. 2005. Yumurtaya verilen aflatoksin B₁’in civciv çıkış ağırlığı üzerindeki etkileri. *Veteriner Bilimleri Dergisi* 21(1-2), 85-89.
- Bayramoğlu, M.M., Toksoy, D., Şen, G. 2009. Türkiye’de tıbbi bitki ticareti. II. Ormancılıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi, 19-21 Şubat, Isparta.
- Belmadani, A., Tramu, G., Betbeder, A.M., Steyn, P.S., Creppy, E.E. 1998. Regional selectivity to ochratoxin A, distribution and cytotoxicity in rat brain. *Archives of Toxicology*, 72, 656-662.
- Bentley, R. 1997. Microbial Secondary Metabolites Play Important Roles in Medicine; Prospects for Discovery of New Drugs. *Perspectives in Biology and Medicine*, 40(3), 364-394.
- Bokhari, F.M., Aly, M.M. 2013. Unexpected hazard due to fumonisins contaminating herbal teas used traditionally by Saudi people. *African Journal of Microbiology Research*, 7(1), 35-40.
- Can, N., Duraklı Veliöğlu, S. 2016. Tekirdağ’da satışa sunulan ihlamur (*Tilia spp.*) ve kuşburnu (*Rosa canina*) örneklerinde aflatoksin varlığının araştırılması. *Gıda*, 42(3), 287-296.
- Chan, K. 2003. Some aspects of toxic contaminants in herbal medicines. *Chemosphere*, 52, 1361-1371.
- Chen, G., Mujumdar, A.S. 2006. Drying of Herbal Medicines and Tea, Third Edition. In: *Handbook of Industrial Drying*, (Edited by A.S. Mujumdar), CRC Press, USA, 635-646.
- Çelik, D., Oğuz, H., Demet, Ö., Boydak, M., Dönmez, H.H., Sur, E., Nizamlioğlu F. 2000. Embryotoxicity assay of aflatoxin produced by *Aspergillus parasiticus* Nrrl 2999. *British Poultry Science*, 41(4), 401-409.
- Çelik, M., Yılmaz, S., Aksoy, H., Ünal, F., Yüzbaşıoğlu, D., Dönbak, L. 2009. Evaluation of the genotoxicity of *Fusarium mycotoxin moniliformin* in human peripheral blood lymphocytes. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 50, 431-434.
- Dağdelen, A.F., Aşyemez, A.Ü., Tokat, İ.E., Cumbul, D., Dağdelen, A. 2014. Mikrobiyolojik ve aflatoksin yönünden bazı tıbbi ve aromatik bitkiler ve çaylarının incelenmesi. II. Tıbbi ve

- Aromatik Bitkiler Sempozyumu, 23-25 Eylül, Yalova.
- Do, K.H., An, T.J., Oh, S.K., Moon, Y. 2015. Nation-based occurrence and endogenous biological reduction of mycotoxins in medicinal herbs and spices. *Toxins*, 7, 4111-4130.
- Dönmez Altuntas H., Gökalp Yıldız, P., Bitgen, N., Hamurcu, Z. 2013. Evaluation of genotoxicity, cytotoxicity and cytostasis in human lymphocytes exposed to patulin by using the cytokinesis-block micronucleus cytome (CBMN cyt) assay. *Mycotoxin Research*, 29, 63-70.
- Durmuş, E., İnan, O., Çelik, I., Sur, E., Özkan, Y., Acar, A., Aydın, M.F. 2005. Use of the fertilized hen's egg in the evaluation of embryotoxicity of dental alloys. *Journal of Biomedical Materials Research*, 72(B), 322-327.
- Erginkaya, Z., Kabak, B. 2010. Fırsatçı Patojenler, Küfler, Parazitler, Virüsler, Prionlar ve Alg Toksinleri. In: *Gıda Mikrobiyolojisi*, (Edited by O. Erkmen), Eflatun Basım, Ankara, Türkiye, 183-203.
- Faydaoğlu, E., Sürücüoğlu, M.S. 2011. Geçmişten günümüze tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanılması ve ekonomik önemi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 11(1), 52-67.
- Gürbüz, M., Uysal, H., Kizilet, H., 2010. Assessment of genotoxicity of the mycotoxin paxilline using the somatic mutation and recombination test in *Drosophila melanogaster*. *Fresenius Environmental Bulletin*, 19, 1038-1041.
- Halt, M. 1998. Moulds and mycotoxins in herb tea and medicinal plants. *European Journal of Epidemiology*, 14, 269-274.
- Hayes, A.W., Hood R.D., Lee, H.L. 1974. Teratogenic effects of ochratoxin A in mice. *Teratology*, 9(1), 93-97.
- Heperkan, D. 2006. Detecting and Controlling Mycotoxin Contamination of Herbs and Spices. In: *Handbook of Herb and Spices Volume 3*, (Edited by K.V. Peter), Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, 3-40.
- Hu, L., Rychlik, M. 2014. Occurrence of enniatins and beauvericin in 60 Chinese medicinal herbs. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 31(7), 1240-1245.
- Hussein, H.S., Brasel, J.M. 2001. Toxicity, metabolism, and impact of mycotoxins on humans and animals. *Toxicology*, 167, 101-134.
- Huwig, A., Freimund, S., Käppeli, O., Dutler, H. 2001. Mycotoxin detoxication of animal feed by different adsorbents. *Toxicology Letters*, 122, 179-188.
- IARC 2012. "Aflatoxins" <https://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100F/mono100F-23.pdf>. Son Erişim Tarihi: 04.07. 2018.
- IARC 1993. "Ochratoxin A" <https://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol56/mono56-18.pdf>. Son Erişim Tarihi: 04.07. 2018.
- IARC 2002. "Fumonisin B₁" <https://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol82/mono82-7B.pdf>. Son Erişim Tarihi: 04.07. 2018.
- Ivanova, D., Gerova, D., Chervenkov, T., Yankova, T. 2005. Polyphenols and antioxidant capacity of Bulgarian medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacology*, 96, 145-150.
- Jeswal, P., Kumar, D. 2013. Mycofloral association and co-occurrence of ochratoxin A and citrinin in aromatic herbs and spices from Bihar state (India) detected by ELISA and LC-MS/MS. *American Journal of Biological, Chemical and Pharmaceutical Sciences*, 1(8), 96-105.
- Kaume, L., Foote, J.C., Gbur, E.E. 2012. Microbial contamination of herbs marketed to HIV-infected people in Nairobi (Kenya). *South African Journal of Science*, 108(9/10), 80-83.
- Kaya, D.B. 2006. Piyasada Satışa Sunulan Bazı Bitkisel Çayların Mikrobiyolojik Kalitesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Khattak, K.F. 2012. Microbiological quality assessment of commercially available medicinal plants in Peshawar city, Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*, 44(4), 1203-1208.
- Khazaeli, P., Mehrabani, M., Heidari, M.R., Asadikaram, G., Lari Najafi, M. 2017. Prevalence of aflatoxin contamination in herbs and spices in different regions

- of Iran. *Iranian Journal of Public Health*, 46(11), 1540-1545.
- Kolb, N. 1999. Microbiological status of untreated herbal materials. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, 95(7), 263-268.
- Kosalec, I., Cvek, J., Tomic, S. 2009. Contaminants of medicinal herbs and herbal products. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*, 60, 485-501.
- Kökdil, G. 2002. Tıbbi çaylar. *Galenova*, 19-21.
- Kumar, A., Shukla, R., Singh, P., Dubey, N.K. 2009. Biodeterioration of some herbal raw materials by storage fungi and aflatoxin and assessment of cymbopogon flexuosus essential oil and its components as antifungal. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 63, 712-716.
- Legnani, P.P., Leoni, E., Righi, F., Zarabini, L.A. 2001. Effect of microwave heating and gamma irradiation on microbiological quality of spices and herbs. *Italian Journal of Food Science*, 13(3), 337-345.
- Liu, L., Jin, H., Sun, L., Ma, S., Lin, R. 2012. Determination of aflatoxins in medicinal herbs by high-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Phytochemical Analysis*, 23, 469-476.
- Marin, S., Ramos, A.J., Cano-Sancho, G., Sanchis, V. 2013. Mycotoxins: Occurrence, toxicology, and exposure assessment. *Food and Chemical Toxicology*, 60, 218-237.
- Martins, M.L., Martins, H.M., Bernardo, F. 2001a. Fumonisin B₁ and B₂ in black tea and medicinal plants. *Journal of Food Protection*, 64, 1268-1270.
- Martins, H.M., Martins, M.L., Dias, M.I., Bernardo, F. 2001b. Evaluation of microbiological quality of medicinal plants used in natural infusions. *International Journal of Food Microbiology*, 68, 149-153.
- Megahee, L. 1995. Rediscovering herbal teas. *Flower and Garden*, 39(4), 52-55.
- Omogbai, B.A., Ikenebomeh, M. 2013. Microbiological characteristics and phytochemical screening of some herbal teas in Nigeria. *European Scientific Journal*, 9(18), 149-160.
- Omurtag, G.Z., Yazıcıoğlu, D. 2004. Determination of fumonisins B₁ and B₂ in herbal tea and medicinal plants in Turkey by high-performance liquid chromatography. *Journal of Food Protection*, 67, 1782-1786.
- Oğuz, H., Hadımlı, H.H., Kurtoğlu, V., Erganiş, O. 2003. Evaluation of humoral immunity of broilers during chronic aflatoxin (50 and 100 ppb) and clinoptilolite exposure. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 154(7), 483-486.
- Öznurlu, Y., Celik, İ., Sur, E., Özaydın, T., Oğuz, H., Altunbaş, K. 2012. Determination of the effects of aflatoxin B₁ given in ovo on the proximal tibial growth plate of broiler chickens: histological, histometric and immunohistochemical findings. *Avian Pathology*, 41(5), 469-477.
- Özyaral, O., Tarkan, Ö., Çevikbaş, A., Johansson, C.B. 1994. Farmasötik önemi olan bazı droglarda mikolojik analizler. *Mikrobiyoloji Bülteni*, 28, 359-365.
- Peraica, M., Radic, B., Lucic, A., Pavlovic, M. 1999. Toxic effects of mycotoxins in humans. *Bulletin of the World Health Organization*, 77(9), 754-766.
- Řezáčová, V., Kubátová, A. 2005. Saprobic microfungi in tea based on *Camellia sinensis* and on other dried herbs. *Czech Mycology*, 57(1-2), 79-89.
- Rizzo, I., Varsavsky, E., Vedoya, G., Haidukowski, M., Frade, H., Chiale, C. 1998. Fungal and aflatoxin contamination of medicinal herbs. *Mycotoxin Research*, 14, 46-53.
- Rizzo, I., Vedoya, G., Maurutto, S., Haidukowski, M., Varsavsky, E. 2004. Assessment of toxigenic fungi on Argentinean medicinal herbs. *Microbiological Research*, 159, 113-120.
- Romagnoli, B., Menna, V., Gruppioni, N., Bergamini, C. 2007. Aflatoxins in spices, aromatic herbs, herb-teas and medicinal plants marketed in Italy. *Food Control*, 18, 697-701.
- Sabuncuoğlu, S.A., Baydar, T., Giray, B., Şahin, G. 2008. Mikotoksinler: Toksik etkileri, degradasyonları, oluşumlarının önlenmesi ve zararlı etkilerinin azaltılması. *Hacettepe Üniversitesi*,

- Eczacılık Fakültesi Dergisi, 28(1), 63-92.
- Santos, L., Marin, S., Sanchis, V., Ramos, A.J. 2009. Screening of mycotoxin multicontamination in medicinal and aromatic herbs sampled in Spain. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89, 1802-1807.
- Santos, L., Marín, S., Sanchis, V., Ramos, A.J. 2013. Mycotoxin in medicinal/aromatic herbs – a review. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 12(2), 119-142.
- Scolari, G., Zacconi, C., Vescovo, M. 2001. Microbial contamination of tea and aromatic herb-tea products. *Italian Journal of Food Science*, 4(13), 429-433.
- Sezik, E. 2004. Bitkisel Çay Cenneti: Anadolu. <http://webnaturel.com/urunbilgi/id/1243/katid/22/ustkatid/1/bitkisel-cay-cenneti-anadolu.html> (Son Erişim Tarihi: 07.01.2018).
- Sezik, E. 2011. Bitkilerin dünyası: Dostlar. *Klinik Toksikoloji Derneği 16. Kongresi*, 18-21 Mayıs, Kayseri.
- Stević, T., Pavlovic, S., Stankovic, S., Savikin, S. 2012. Pathogenic microorganisms of medicinal herbal drugs. *Archives of Biological Sciences*, 64(1), 49-58.
- Storari, M., Dennert, F.G., Bigler, L., Gessler, C., Broggin, G.A.L. 2012. Isolation of mycotoxins producing black aspergilli in herbal teas available on the Swiss market. *Food Control*, 26, 157-161.
- Sur, E., Celik, İ., Öznurlu, Y., Aydın, M.F., Oğuz, H., Kurtoğlu, V., Özaydın T. 2011. Enzyme histochemical and serological investigations on the immune system from chickens treated in ovo with aflatoxin B₁ (AFB₁). *Revue de Médecine Vétérinaire*, 162(10), 443-448.
- Sweeney, M.J., Dobson, A.D.W. 1998. Mycotoxin production by *Aspergillus*, *Fusarium* and *Penicillium* species. *International Journal of Food Microbiology*, 43, 141-158.
- Şişman, T., Yıldırım, Y. 2007. Aflatoxin B₁'in Zebra balığının (*Danio rerio* (Hamilton)) embriyo ve larvaları üzerine olan toksik etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(1), 13-17.
- Tosun, H., Günç Ergönül, P., Üçok, E.F. 2016. Occurrence of aflatoxins (B₁, B₂, G₁, G₂) in herbal tea consumed in Turkey. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 11, 265-269.
- Tournas, V.H., Katsoudas, E.J. 2008. Microbiological quality of various medicinal herbal teas and coffee substitutes. *Microbiology Insights*, 1, 47-55.
- Tripathy, V., Basak, B.B., Varghese, T.S., Saha, A. 2015. Residues and contaminants in medicinal herbs-a review. *Phytochemistry Letters*, 14, 67-78.
- Tschiggerl, C., Bucar, F. 2012. The volatile fraction of herbal teas. *Phytochemistry Reviews*, 11, 245-254.
- Tunail, N. 2000. Funguslar ve Mikotoksinler. In: *Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları, Genişletilmiş 2. Baskı*, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü yayını, Ankara, Türkiye, 3. bölüm, 13. Kısım, 1-50.
- Ulusoy, A., Şeker, M. 2013. Türkiye'de Değişen Çay Tüketim Alışkanlıkları Projesi. *Trabzon Ticaret Borsası*.
- Vidović, S., Cvetkovic, D., Ramić, M., Dunjić, M., Malbasa, R., Tepić, A., Sumić, Z., Velićanski, A., Jokić, S. 2013. Screening of changes in content of health benefit compounds, antioxidant activity and microbiological status of medicinal plants during the production of herbal filter tea. *Industrial Crops and Products*, 50, 338-345.
- Visconti, A., Minervini, F., Lucivero, G., Gambatesa, V. 1991. Cytotoxic and immunotoxic effects of *Fusarium* mycotoxins using a rapid colorimetric bioassay. *Mycopathologia*, 113, 181-186.
- Vitullo, M., Ripabelli, G., Fanelli, I., Tamburro, M., Delfino, S., Sammarco, M.L. 2011. Microbiological and toxicological quality of dried herbs. *Letters in Applied Microbiology*, 52, 573-580.
- Wilson, D.M., Mubatanhema, W., Jurjevic, Z. 2004. *Biology and Ecology of*

- Mycotoxigenic *Aspergillus* Species as Related to Economic and Health Concerns. In: *Mycotoxins and Food Safety Volume 504*, (Edited by J.V. DeVries, M.W. Trucksess, & L.S. Jackson), Springer Science, New York, USA, 3-17.
- Wogan, G.N., Paglialunga, S., Newberne, P.M. 1974. Carcinogenic effects of low dietary levels of aflatoxin B₁ in rats. *Food and Cosmetics Toxicology*, 12(5-6), 681-685.
- Zegarac, J.P., Samec, D., Piljac, A. 2013. Herbal Teas: A Focus on Antioxidant Properties. In: *Tea in Health and Disease Prevention*, (Edited by V.R. Preedy), Academic Press, UK, 129-140.
- Zhang, L., Dou, X., Kong, W., Liu, C., Han, X., Yang, M. 2017. Assessment of critical points and development of a practical strategy to extend the applicable scope of immunoaffinity column cleanup for aflatoxin detection in medicinal herbs. *Journal of Chromatography A*, 1483, 56-63.