

## Bisfenol A (BFA) ve Halk Sağlığı Açısından Önemi

Sait TAN<sup>1</sup>, Pelin DEMİR<sup>2\*</sup>, Ali ARSLAN<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Firat Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü, Elazığ, Türkiye  
<sup>1</sup> saittan0221@gmail.com, <sup>2</sup> p.demir@firat.edu.tr, <sup>3</sup> aarslan2@firat.edu.tr

(Geliş/Received: 06/09/2021;

Kabul/Accepted: 30/03/2022)

**Öz:** Bisfenol A, polikarbonat plastiklerin ve epoksi reçinelerin üretiminde kullanılan insan sağlığı açısından en tehlikeli kimyasallardandır. Gıda sanayinde kullanılan bazı plastik ve konserve gibi gıda ambalaj materyalleri de yüksek oranda Bisfenol A içermektedir. Bisfenol A, endokrin sistem bozucu, toksik, teratojenik, karsinojenik, mutajenik ve östrojenik etkilere sahip olup insan ve hayvan sağlığını önemli ölçüde etkilemektedir. Gerek ülkemizde gerekse dünya otoritelerince günlük alımına sınırlamalar getirilen Bisfenol A'nın bugün üretimi 8 milyon tonu bulmuştur. Bu derlemede Bisfenol A'nın gıda sektöründe ve halk sağlığı açısından önemi hakkında bilgi verilecektir.

**Anahtar kelimeler:** Bisfenol A, Gıda, Halk Sağlığı, Kanser, Polikarbonat (PC) Plastikleri.

### Bisfenol A (BFA) and Its Importance in Terms of Public Health

**Abstract:** Bisphenol A is one of the most dangerous chemicals in terms of human health used in the production of polycarbonate plastics and epoxy resins. Food packaging materials such as some plastic and canned food used in the food industry also contain high levels of Bisphenol A. Bisphenol A has endocrine disruptor, toxic, teratogenic, carcinogenic, mutagenic and estrogenic effects and significantly affects human and animal health. The production of Bisphenol A, whose daily intake is limited by both our country and the world authorities, has reached 8 million tons today. In this review, information will be given about the importance of Bisphenol A in the food industry and in terms of public health.

**Key words:** Bisphenol A, Food, Public Health, Cancer, Polycarbonate (PC) Plastics.

#### 1. Giriş

Bisfenol A (BFA) ilk olarak 1891'de Rus kimyager Dianin tarafından sentezlenen ve dünya çapında en fazla kullanılan kimyasallardandır [1, 2]. BFA başka kimyasallarla kombine edilerek polikarbonat ve epoksi reçinelerin yapımında kullanılan bir kimyasaldır [1, 3]. Kimyager Charles Edward Dodds BFA'yı 1930'larda yapay bir östrojen olarak tanımlamıştır. BFA 1950'lerden beri sert polikarbonat plastik ve epoksi reçine yapımında kullanılmaktadır [4]. BFA 1960'lardan beri gıda paketlerinde kullanılmakta olup endokrin bozucu olarak 1996 yılında dikkat çekmeye başlamıştır [3, 5]. BFA'nın 1980'lerde yıllık üretimi 1 milyon tona ulaşırken günümüzde 8 milyon ton'a ulaşmıştır [4, 6-9]. Kanada Çevre Departmanı 2008 yılında Bisfenol A'yı toksik madde olarak ilan etmiştir [4].

Gıda endüstrisinin gelişmeye başlamasıyla gıda ambalajlarında kullanılan maddeler değişmiş olup, özellikle plastik ambalaj ve konserveler kullanılmaya başlanmıştır. Bazı plastik ambalajlar ve konserveler yüksek miktarda BFA denilen kimyasal bir madde içermektedirler [10].

Dünya genelinde, polikarbonat plastiklerin %70'inde ve epoksi reçinelerin %25'inin üretiminde BFA kullanılmaktadır [6]. Bunun yanı sıra diğer alanlarda yaygın olarak kullanılan ve üretimi fazla olan endüstriyel bir kimyasaldır [8-10]. Polikarbonatlar (PC), plastik yemek takımları, plastik poşetler, mikrodalga fırın kapları, gözlük camları, oyuncaklar, emzikler, darbeye dayanıklı güvenlik ekipmanları, kompakt diskler ve otomobil parçaları gibi ürünlerde bulunmaktadır. Epoksi reçineler elektronik cihazlar, yapışkanlar, epoksi-reçine esaslı boyalar, konserve yiyecek ve içecek kaplarının koruyucu kaplamalarında, içme suyu depolama tanklarında, şarap fıçısı kaplamalarında, zemin kaplamalarında ve bazı dental kompozitlerde kullanılmaktadır. BFA ayrıca sigara filtresi, medikal cihazlar, diş dolguları, mürekkepler, mikrodalga fırın kapları, kompakt diskler, kaplanmış teneke kutular, termal kağıtlar (kasa fişleri vs.) ve alev geciktiriciler gibi yiyeceklerle ilgili olmayan bazı alanlarda da kullanılır. Epoksi esaslı kaplama, yapıştırıcı, boya, elektronik cihaz ve mürekkeplerin aşınması sonucunda BFA, ev tozu içinde de yoğunlaşabilir [11-17].

BFA'nın dünyadaki üretimi 2006 yılında 3.9 milyon tondan fazladır. Dünyada özellikle ABD, Almanya, Hollanda ve Japonya gibi gıda endüstrisinin geliştiği ülkelerde BFA yüksek oranda üretilmektedir. 2003 yılında

\* Sorumlu yazar: [p.demir@firat.edu.tr](mailto:p.demir@firat.edu.tr). Yazarların ORCID Numarası: <sup>1</sup> 0000-0002-8596-9261, <sup>2</sup> 0000-0002-0824-1672, <sup>3</sup> 0000-0002-3011-5592.

Amerika'da Bisfenol A kullanımı yaklaşık 862 bin ton olmuştur ve bu kullanımın 3/4'nün gıda ve içeceklerin muhafaza edildiği polikarbonat kapların yapımında kullanıldığı belirlenmiştir [6]. 2011 yılında küresel BFA üretimi yaklaşık 4,4 milyon tona ulaşmıştır. 2012 yılında 4,7 milyon ton sınırını aşarak 372.000 tonun biraz üzerinde büyümüştür. Asya, toplam üretim hacminin yaklaşık %53'lük payıyla baskın BFA üreticisidir. Avrupa %25, Kuzey Amerika ise %18 pazar payına sahiptir [18]. Küresel BFA Pazarı 2015-2019 raporuna göre, analistler küresel BFA pazarının yıllık ortalama büyüme oranının (Bileşik Yıllık Büyüme Oranı) 5,1 oranında büyüyeceğini tahmin etmiştir [19].

EFSA, 2014 yılında BFA'nın günlük tolere edilebilir alım miktarını 5 µg/kg vücut ağırlığı/gün olarak önermiştir. Ayrıca 2011 yılından itibaren AB, bebek biberonlarında BFA kullanımını yasaklayan kanunu yürürlüğe koymuştur. Yetişkinlerde ve çocuklarda BFA'ya maruziyetin en büyük kaynağı gıdadır [20]. Hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalar, BFA'ya maruz kalma üreme, diyabet ve kardiyovasküler hastalıklar içeren çoklu sağlık problemlerine neden olabildiğini göstermiştir [21].

### 1.1. Bisfenol A'nın fiziksel ve kimyasal özellikleri

Bisfenol A (2, 2-bis (4-hidroksifenil) propan) aseton ve fenolün kombinasyonu ile oluşmaktadır [22]. BFA organik bir bileşiktir ve iki fenol halkasının metil köprüsü ile birbirine bağlanmasıyla oluşmaktadır [6, 23]. BFA, oda sıcaklığında katı beyaz kristal halde bulunur ve hafif fenolik kokuya sahiptir [24].

**Tablo 1.** Bisfenol A'nın fiziksel ve kimyasal özellikleri [6, 25-26].

Parametre	Değer
Kimyasal formülü	C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub> ; (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> C(C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OH) <sub>2</sub>
Moleküler ağırlığı	228.291 g/mol
Erime noktası	152-153°C
Kaynama noktası	360.5°C (760 mmHg)
Yanma noktası	212°C (açık kaplarda)
Yoğunluk	1.195 g/cm <sup>3</sup> (25°C)
Suda çözünürlük	300 mg/l (25°C)
Buhar basıncı	5.3x10 <sup>-6</sup> Pa

### 1.2. Bisfenol A'ya maruz kalınma yolları?

Genel nüfus, diyet (gıda, içme suyu) ve diyet dışı (toz, hava, termal kağıt, kozmetik, CD oyuncak vb.) kaynaklardan BFA'ya maruz kalabilir [19, 27-28]. Bisfenol A, en fazla gıda ve su ile vücuda alınır [4, 29]. Bisfenol A'nın konserve yiyeceklerin plastik iç kaplamasından gıdalara geçtiği bilinmektedir [30]. İnsan maruziyeti mesleki, çevresel ve gıda yoluyla olmaktadır [31].

Avrupa Gıda Güvenliği Ajansı (EFSA) tarafından 2015 yılında yayınlanan bilimsel görüşte, BFA'ya diyetle maruz kalma değerlendirilmesi yapılmıştır. Paketlenmemiş gıdalarla karşılaştırıldığında en yüksek BFA konsantrasyonları paketlenmiş ürünlerde (18.68 µg/kg) bulunmuştur. (1.5 µg/kg). BFA'nın özellikle paketlenmiş gıda kategorileri arasında anne sütü, kahvaltılık gevrekler, et, balık, baharatlar, yemek, atıştırılmalık ve dondurma hazır gıdalar yer almaktadır. Bu kategoriler 30 µg/kg BFA'nın üzerindeki değerlere ulaşmaktadır. Paketlenmemiş gıdalar arasında en yüksek BFA konsantrasyonları sırasıyla 9.4 µg/kg ve 7.4 µg/kg BFA değerleriyle et ve balıkta saptanmıştır [32]. Özellikle anne sütü ile beslenmeyen, toz ve sıvı şeklinde muhafaza edilen sütler ile beslenen bebekler BFA'ya maruz kalan en duyarlı gruptur [33]. FAO/WHO [34], 0-6 aylık bebeklerin BFA migrasyonuna %81'i PC şişelerden, %19'u PC kapları veya epoksi ile kaplı paketli sıvı mamalardan, %1'i ise süt tozu formülleriyle temas halinde olan epoksi reçinesinden maruz kalınmaktadır. Kanada'da yapılan bir çalışmada konserve alkolsüz içeceklerin büyük çoğunluğunda BFA değerinin düşük olduğu fakat ölçülebilir düzeyde olduğu test edilmiştir [4, 35].

Yapılan bir çalışmada, taze ve konserve gıdalar, plastik ambalajlı gıdalar ile plastik ambalajda ve konserve olarak satılan kedi ve köpek mamalarından oluşan 105 örnekten 63'ünde BFA bulunmuştur [4]. Serbest BFA, termal kağıtlar, diş dolguları ve karbonsuz kopya kağıtlarında yüksek oranda bulunmuştur [4, 36-37]. Termal kağıtların en yaygın olarak kullanıldığı alanlar alışveriş fişleri, sinema biletleri, uçak biletleri ve etiketlerdir. İsveç'te yapılan bir çalışmada 13 termal kağıdın 11'inde 8-17 g/kg oranında BFA içerdiği tespit edilmiştir [4].

### 1.3. Bisfenol A Migrasyonunu Etkileyen Faktörler

Belirli koşullar altında ambalaj materyalinin üretiminde kullanılan kimyasalların temas ettiği gıda ile etkileşerek gıdaya göç etmesine migrasyon denir [38]. Migrasyon üzerinde, ambalaj malzemesinin dolaylı ya da direk olarak gıdaya teması, temas süresi ve sıcaklığı, gıda ile temas eden materyalin özelliği (örneğin; kâğıtlar için kâğıdın kalınlığı ve geçirgenliği), migrantın kimyasal özelliği (Buhar basıncı, polaritesi, moleküler büyüklüğü ve yapısı vb.), ambalaj materyalindeki migrantın başlangıçtaki konsantrasyonu, materyal ile temas eden gıdanın yapısı (pH, yağ içeriği), materyal ile temas eden bileşenler (gıda ya da uyarıcılar), temas eden yüzey alanının büyüklüğü etkili olmaktadır [38-40].

Kanada’da yapılan bir çalışmada [41], bebek biberonlarının mikrodalga fırında bekletilmesi ve birden fazla kullanılan bebek biberonlarının sıcak su ile doldurulması veya mikrodalga fırında ısıtılmasının BFA geçişini arttırdığı belirtilmiştir. Türkiye’de Hatay ilinde 2013 yılında konserve gıda ve içeceklerden BFA geçişi üzerine yapılan bir çalışmada gıdadaki glikoz ve NaCl konsantrasyonu ile BFA geçişi arasında güçlü bir korelasyonun olduğu gözlemlenmiş olup ayrıca bu ürünlerin son kullanım tarihi ile de pozitif yönde bir ilişki olduğu görülmüştür [42]. Kore Cumhuriyeti Çevre Bilimleri departmanı tarafından yapılan bir çalışmada (2009), bebek biberonlarının 10. kez tekrar kullanımı ile BFA migrasyon düzeyinin 1.1 ppb’ye kadar yükseldiği ve 60. kez tekrar kullanıma kadar bu seviyeyi koruduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmada 60. kez kullanımdan sonra, 100. kez tekrar kullanımda BFA migrasyon seviyesi hızlı bir şekilde 3.08 ppb seviyesine yükselmiştir. Migrasyon düzeyinin 80°C’nin üzerinde hızlı bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir [43].

### 1.4. Bisfenol A’nın farmakokinetiği

İnsan çalışmalarında oluşan etik ve bireysel duyarlılığı belirleme ile ilgili sıkıntılardan ötürü BFA ile ilgili in vivo çalışmalar daha çok laboratuvar hayvanları üzerinde yapılmıştır [6, 10]. Yapılan bu deneylerde karaciğerin önemli rol aldığı gözlemlenmiştir (6). İnsanlarda oral yolla alınan BFA, gastrointestinal kanalda emildikten sonra daha çok CYP2C18 ve daha az olarak da CYP2C19 ve CYP2C9 enzimleri ile metabolize uğrar [1]. Daha sonra glukuronik asit ve sülfat ile konjuge olarak metabolitleri olan BFA glukuronit (BFAG) ve BFA sülfat’a dönüşür [6, 1]. Konjuge olmuş BFAG serbest BFA miktarını düşürür. Ama plasenta ve diğer dokularda yüksek konsantrasyonda bulunan beta-glukuronidaz enzimi ile dekonjugate olabilir [4].

BFA’nın yarılanma ömrü 6 saat olup [44] ve tamamına yakınının 42 saat içinde idrarla atıldığı belirtilmiştir [1]. Az sayıda gönüllüler üzerinde yapılan çalışmada BFA’nın %9.5’nin hiç değişmeden, %69.5 BFAG ve %21’nin BFA sülfat konjugatları şeklinde idrarla atıldığı gösterilmiştir [11]. İdrardan başka BFA’nın kan, fetüs, yağ dokusu, semen, plasenta, kolostrum, göbek kordonu kanı ve tükürükte de bulunduğu tespit edilmiştir [1]. BFA lipofilik karaktere sahiptir. Bundan dolayı yağ dokularında birikebilir [45].

Bazı hayvan testlerinde BFA’nın oral yolla alındıktan sonra kolay bir şekilde plasenta bariyerini geçerek fetüsü etkilediği görülmüştür. Ayrıca Japonya’da gebe fareler ve gebe maymunlar üzerinde yapılan bir çalışmada farelere 100 mg/kg maymunlara ise 50 mg/kg dozunda BFA deri altı yolla uygulanmış. Farelerde 30 dakika sonra yavrunun beyin, serum, karaciğer, uterus ve testis gibi organlarında BFA saptanmıştır. Maymunlarda ise 1 saat sonra beyin, karaciğer ve böbrek gibi iç organlarında BFA tespit edilmiştir [6]. Yapılan son araştırmalarda, insanların ter analizlerinde BFA biyoakümülyasyonun olduğu saptanmıştır. Yirmi kişi üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada ter, kan ve idrar örnekleri incelenmiş, 16 kişide serum ve idrar örneklerinde BFA’ya rastlanılmamasına rağmen ter örneklerinde BFA’ya rastlanılmıştır [45].

### 1.5. Bisfenol A’nın insan sağlığı üzerine etkisi

FAO/WHO’nun bildirdiği bir çalışmada; dişi üreme dokusu, göğüs kanseri dokusu, erkek üreme dokusu, hipofiz, sinir hücreleri ve pankreatik/yağ dokusu, bağışıklık hücreleri ve embriyonik kültürlerde BFA’ya çok düşük miktarda rastlanılmıştır [10]. Bisfenol A’nın dişi cinsiyet hormonuna çok benzer etki gösteren (ksenöstrojen) sentetik bir yapıya sahip olduğu bilinmektedir [37]. Hayvanlar üzerindeki çalışmalara dayanılarak, yüksek dozlarda (TDI değerinden 100 kat daha fazla dozlarda) BFA’nın karaciğer ve böbrekler üzerine yan etkilere sebep olabileceği ihtimali bulunmaktadır. Aynı zamanda kemirgenlerin meme bezleri üzerinde etki yapma ihtimali bulunmaktadır [46]. BFA’nın dişi ve erkek üreme, sinir, immun, metabolik ve kardiyovasküler sistem üzerine toksikolojik etkisi mevcuttur. Aynı zamanda kanser oluşumuna da etkisi söz konusudur [37, 46]. Ayrıca BFA gebelik esnasında maruz kalındığında bu kimyasallar; hamileliğin hangi döneminde maruz kalındığına bağlı olarak hem anneyi hem de fetal gelişimi etkileyebilmektedir [47]. Son zamanlarda yoğun çalışmalar BFA’nın toksik, teratojenik, karsinojenik ve özellikle östrojenik mekanizmayı etkilediği saptanmıştır [45].

### 1.6. Bisfenol A hangi tür plastiklerde bulunur?

Paketlemede kullanılan plastikler polietilen Tereftalat (PET, PETE), düşük ve yüksek dansiteli polietilen (LDPE, HDPE), polivinil klorürler (V, PVC), polipropilen (PP), stirenin polimerizasyonu ile elde edilen polistiren ve stirenbutadien kauçukları (PS), polikarbonatlar (PC) ve diğerleri olup, bunlardan geri dönüşüm kodları 1, 2, 4, 5, 6 olanlar polimerizasyon ya da paketleme formunda BFA içermedikleri için gıdalara ve içeceklere BFA geçişi olmaz. Ancak geri dönüşüm kodu 3 ve 7 olanlar BFA içermektedirler [37].

### 1.7. Bisfenol A ve metabolitlerinin analizinde kullanılan analitik yöntemler

BFA ve metabolitlerinin ölçülmesinde çok sayıda yöntem kullanılmaktadır, bunlardan bazıları Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA), Yüksek Performans Sıvı Kromatografisi (HPLC), Ultra Performance Liquid Chromatography (UHPLC) ve Gaz Kromatografisi Kütle Spektrometresi (GC/MS) olarak adlandırılabilir. BFA Analizi için hem single hem de triple quadrupole kütle spektrometresine dayanan (LC/MS-MS) daha duyarlı yöntemler de bulunmaktadır [1]. HPLC ve farklı belirleme yöntemleri (UV, MS, fluorescence vs.), Gas kromatografi (GC) MS ile birlikte, elektrokimyasal metodlar ve Misel elektrokinetik kromatografi (MEKC) yöntemleri ile tespit edildikleri belirtilmektedir [48]. Solid Phase Extraction (SPE), Liquid-Liquid Extraction (LLE), Solid Phase Microextraction (SPME), Stir Bar Sorptive Extraction (SBSE), Ultrasound-Assisted Dispersive Liquid-Liquid Microextraction (UA-DLLME), Pressurised Liquid Extraction (PLE) and Quick Easy Cheap Effective Rugged Safe (QUECHERS) en yaygın kullanılan ekstraksiyon yöntemleridir [49].

### 1.8. Bisfenol A ile ilgili Türkiye ve Dünyada yapılan yasal düzenlemeler

Bisfenol A, dünyada ilk kez Kanada'da Nisan 2008 tarihinde insan ve çevre için toksik madde olarak kabul görmüştür. Avrupa'da ve Türkiye'de 2011 yılında, Amerika Birleşik Devletlerinde ise 2012 yılında bebek biberonlarında kullanımı tamamen yasaklanmıştır [1].

EFSA'nın 2016 Ekim ayında yayımladığı yeni verilere göre yapılan hayvan deneylerinde BFA'nın immun sistem üzerine etkili olabileceği kanıtlanmış, ancak bu kanıtları insan sağlığı açısından yorumlamak için bu çalışmalar çok sınırlıdır. Ocak 2015'te EFSA BFA maruziyeti ve toksisitesini ele alan kapsamlı yeni bir değerlendirme yayınlanmıştır. Bu değerlendirmede günlük tolere edilebilir (TDI) BFA miktarı'nı 50 µg/kg'dan 4 µg/kg vücut ağırlığı/gün olarak güncellenmiştir [45]. EFSA bu TDI miktarı geçici olarak hükme bağlamış olup ABD Ulusal Programı tarafından 2 yıl içerisinde bitmesi planlanan bir çalışmaya bağlı olarak 2017 yılında tekrar değerlendirileceği belirtilmiştir [14].

Fransa Hükümeti gıda ile temas eden madde yasalarına ilişkin 2 rehber belge yayınlamıştır. Birincisi 24 Aralık 2012 tarih ve 2012-1442 sayılı Kanunla değiştirilen 2010-729 sayılı Kanun. İkincisi ise 21 Temmuz 2014 tarih ve 2014-108 sayılı kanundur. Fransa'da BFA yasağı 2 aşamada uygulanmıştır. 1. aşama 1 Ocak 2013 tarihinden itibaren geçerli olmak üzere yürürlüğe giren; 3 yaşına kadar olan çocukların kullanımına yönelik tüm mutfak gereçleri, gıda ambalajları ve tüm kaplarda BFA kullanımının yasaklanması, 2. aşama ise 1 Ocak 2015 tarihinden itibaren yürürlüğe girmiş olan bu aşamada tüm gıda ambalajları, kaplar ve mutfak gereçlerinde BFA'nın yasaklandığı karardır [50].

EFSA'nın 2015 yılında BFA risk değerlendirme açısından ana sonuçları şunlardır [45]:

- 1) BFA tüketiciler için sağlık riski oluşturmaz. Çünkü bu kimyasala maruz kalma miktarı zarar veremeyecek kadar düşüktür.
- 2) BFA'ya maruz kalma miktarı 4 µg/kg vücut ağırlığı/gün'e düşürülmüştür. Bu oran daha önceki orandan 12.5 kat daha düşüktür.
- 3) Hem yiyecek hem de yiyecek dışı kaynaklardan alınan maksimum BFA miktarı, bütün yaş gruplarında TDI oranından 3-5 kat daha düşüktür.
- 4) Bütün yaş gruplarında gıda ile alınan BFA oranı 15 kat daha düşüktür. Oysa daha önce 4 kat olarak tahmin edilmekteydi.
- 5) Hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalara dayanarak yüksek dozda BFA (yaklaşık TDI'nın 100 katı) böbrek ve karaciğerde olumsuz etkilere neden olabilir. Kemirgenlerin meme bezleri üzerinde de etkileri muhtemel olarak değerlendirilmektedir.
- 6) Ratlarda doğum öncesi ve sonrası yapılan uzun süreli bir çalışma ile BFA'ya maruz kalmanın sağlık üzerindeki potansiyel etkilerinin saptanmasında yardımcı olabilir.
- 7) BFA'nın meme bezi, üreme, metabolik, nörodavranışsal ve bağışıklık sistemi üzerindeki potansiyel sağlık etkilerini çevreleyen belirsizlikler, TDI'ya göre hesaplanmış ve ölçülmüştür.

Haziran 2010'da Avustralya hükümeti BFA içeren polikarbonat bebek şişelerinin bayiler tarafından gönüllü olarak satışının iptal edildiğini duyurmuştur. Ve yine (FSANZ), 2016 yılında 24. Avustralya Toplam Diyet Araştırmasının 2. bölümünü yayınladığı bildirilmiştir. Bu bölümde kimyasallar içeren ambalaj materyalleri taranmış ve sonuç olarak BFA'nın hiç bulunmadığı ya da güvenlik seviyesinin oldukça altında kaldığı belirtilmiştir [51].

BFA'nın gıda ile temas etmesi amaçlanan verniklerde ve kaplamalarda kullanılması ve 10/2011 Sayılı (AB) Tüzüğü'nün revize edilmesi sonucu bu maddenin plastik food contacts material FCM'lerde kullanımına ilişkin olarak, malzeme ve eşyalara uygulanan verniklerden veya kaplamalardan BFA geçişi, 0.05 mg BFA/kg gıda specific migration limitini (SML) geçmeyecektir. Bebekler ve küçük çocuklar için gıda veya özel beslenme ürünleri ile temas etmesi amaçlandığında bu malzemelerden göçe izin verilmeyecektir [51]. Amerika da ise BFA ile ilgili bütün yasal düzenlemeler FDA'ya verilmiştir. BFA 1960'lı yıllardan beri FDA'nın çalışma kapsamına alınmıştır [4, 21]. EFSA, yalnızca BFA için 4 µg/kg/vücut ağırlığı/günlük geçici bir tolere edilebilir günlük alım (tTDI) belirlemiştir ve Avrupa Birliği, BPA'ya spesifik migrasyon limitini (SML) gıda ile temas eden malzemelere uygulanan vernik veya kaplamalardan gıda içine/üzerine 0,05 mg/kg olarak sabitleyerek kullanımına ilişkin kısıtlamalar getirmiştir [45, 51].

Türkiye'de ise BFA ile ilgili yapılan düzenlemeler Avrupa Birliği direktiflerine uyumlu olup [1, 53], son olarak 2013/34 sayılı tebliğ 10/2011/EU sayılı "Gıda ile Temas Eden Plastik Madde ve Malzemeler Üzerine Komisyon Tüzüğü dikkate alınarak Avrupa Birliği'ne uyum çerçevesinde hazırlanmıştır. Bu Tebliğ'de "TGK-Bebek Formülleri ve TGK-Devam Formülleri Tebliğlerinde bebek olarak tanımlanan tüketici grubu için kullanılan, polikarbonat madde ve malzemelerin üretiminde kullanılamaz" tanımlaması yer almıştır [53]. Türk Gıda Kodeksinin 30989 sayılı resmi gazetede yer alan 2019/44 numaralı Gıda Maddeleri ile Temasta Bulunan Plastik Madde ve Malzemeler Tebliği'nde Bisfenol A'nın spesifik migrasyon limiti (SML) 0,05 mg/kg olarak belirtilmiştir [54].

### 1.9. Bisphenol-A (BFA)'dan etkilenmemek için neler yapılabilir?

Hayvanlar üzerinde yapılan bazı çalışmalar bebekler ve çocukların BFA'ya karşı en duyarlı grup olduklarını göstermiştir. Sağlık otoriteleri maruziyet miktarının minimize edilmesi için aşağıdaki hususlara dikkat edilmesini önermektedirler [37, 54].

- Polikarbon plastik gıda kaplarını mikrodalga fırınlarda kullanmamalı. Çünkü yüksek sıcaklık gıdalara BFA geçişini artırır.
- Plastik kapların geri dönüşüm kodlarına dikkat edilmelidir. 3 ve 7 no'lu kodları barındıran plastikleri kullanmaktan kaçınılmalıdır.
- Konserve gıda tüketimi azaltılmalı,
- Mümkün olduğunca özellikle sıcak yemekler ve sıvılar için cam, porselen ve paslanmaz çelik kaplar tercih edilmeli,
- BFA içeren bebek biberonları kullanılmamalı,
- Polikarbonatlı plastikler bulaşık makinasında yıkanmamalıdır,
- Rezin esaslı diş dolgu maddeleri mümkünse hamilelik döneminde kullanılmamalı.

## 2. Sonuç

Sanayiinin gelişmeye başlaması ve artan dünya nüfusunun sonucu olarak plastikler ve konserveler gıda endüstrisinin vazgeçilmezleri arasına girmiştir. Bu plastik ve konserveler gıdaların ambalajlamasında ve raf ömrünün uzatılması amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Ama bu plastik ve konserve ambalajların yapısında BFA (Bisfenol A) gibi östrojenik, kanserojenik, mutajenik, kalp sağlığı, bağışıklık sistemi, diyabet ve diğer birçok olumsuz etkiye sahip kimyasallar içermektedirler. Özellikle bebek biberonları ve çocuk oyuncakları bu kimyasal bakımından tehlike oluşturmaktadırlar. Ayrıca BFA bu ürünler hariç CD, kasa fişleri gibi birçok üründe de bulunmaktadır. BFA'nın ambalajdan gıdaya geçişi birçok faktöre bağlıdır. Özellikle gıdanın türüne, temas süresi, yiyecek veya içeceğin sıcaklığına, depolama koşullarına, pH, tuz oranı gibi faktörlere bağlıdır. Başta EFSA ve FDA gibi kurumların öncülük ettiği birçok çalışma sonucunda günlük alınan ortalama BFA miktarı TDI değerinin altında kalmaktadır. Ancak uzun süre maruz kalımı dokularda birikime neden olabileceğinden halk sağlığı bakımından ciddi sağlık sorunlarına neden olabileceği vurgulanmaktadır.

## Kaynaklar

- [1] Battal D. Mersin ilinde yaşayan bireylerdeki Bisfenol A düzeyinin belirlenmesi. Yüksek Lisans tezi, Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Mersin, Türkiye, 2012.
- [2] Denizli A, Yavuz H. İnsan Sağlığı için olası bir tehdit: Bisfenol A Bilim Teknik Dergisi Eylül 2015; 40-42.
- [3] Anonymous, 2017. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology Bisphenol A (BFA) Risk Assessment Document. <https://unit.aist.go.jp/riss/crm/mainmenu.20.04.2017>.
- [4] Vogel SA. "The politics of plastics: the making and unmaking of bisphenol a "safety". American Journal of Public Health 2009; 99: 559-566.
- [5] Food Drug and Administration FDA. Bisphenol A. <https://www.fda.gov/food/ingredientspackaginglabeling/foodadditivesingredients> 20.04.2017.
- [6] Er B. Ton balığı konservelerinde katı faz ekstraksiyon ve hplc metodu ile Bisfenol A varlığının incelenmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2010.
- [7] Tzatzarakis MN, Karzi V, Vakonaki E, et al. Bisphenol A in soft drinks and canned foods and data evaluation, Food Additives & Contaminants 2016; 1-6.
- [8] Gorini F, Bustaffa E, Coi A, Iervasi G, Bianchi F. Bisphenols as environmental triggers of thyroid dysfunction: clues and evidence. Int. J. Environ. Res. Public Health 2020; 17(8): 2654. <https://doi.org/10.3390/ijerph17082654>.
- [9] Kim JJ, Kumar S, Kumar V, Lee YM, Kim YS, Kumar V. Bisphenols as a legacy pollutant, and their effects on organ vulnerability. Int. J. Environ. Res. Public Health 2020; 17(1): 112. <https://doi.org/10.3390/ijerph17010112>.
- [10] Anonymous, 2010. Report of Joint FAO/WHO Expert Meeting 2-5 November 2010 and Report of Stakeholder Meeting on Bisphenol A 1 November 2010 Ottawa, Canada Toxicological and Health Aspects of Bisphenol A 2010.
- [11] EFSA (European Food Safety Authority), 2013. Public Consultation on the Draft Opinion on Bisphenol A (BFA) - Exposure Assessment [314 Pages]. European Food Safety Authority [Accessed 23 August 2013]. <http://www.efsa.europa.eu/en/consultations/call/130725.Htm>.
- [12] FAO/WHO (Food and Agriculture Organization and World Health Organization), 2011.
- [13] NTP (US National Toxicology Program), 2008. In: CERHR (Ed.), NTP-CERHR Monograph on the Potential Human Reproductive and Developmental Effects of Bisphenol.
- [14] EFSA, Bisphenol A <http://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/bisphenol>. Accessed date: 27/10/2021.
- [15] National Pivonello C, Muscogiuri G, Nardone A, Garifalos F, Provisiero DP, Verde N, de Angelis C, Conforti A, Pisco M, Auriemma RS, Colao A, Pivonello R. Bisphenol A: an emerging threat to female fertility. Reproductive Biology and Endocrinology 2020 Mar 14;18(1):22. <https://doi.org/10.1186/s12958-019-0558-8>.
- [16] Wu W, Li M, Liu A, Wu C, Li D, Deng Q, Zhang B, Du J, Gao X, Hong Y, 2020. Bisphenol A and the risk of obesity a systematic review with meta-analysis of the epidemiological evidence. Dose Response 2020; 18 (2): 1-10. <https://doi.org/10.1177/1559325820916949>.
- [17] Zwierello W, Maruszewska A, Skorka-Majewicz M, Goschorska M, Baranowska-Bosiacka I, Dec K, Styburski D, Nowakowska A, Gutowska I. The influence of polyphenols on metabolic disorders caused by compounds released from plastics - Review. Chemosphere 2020; 240: 124901.
- [18] Merchant Research (2017). Bisphenol a (BFA): World market outlook and forecast up to 2027. <https://mcgroup.co.uk/researches/bisphenol-a-BFA>, Accessed date: 27/10/2021.
- [19] Vilarinho F, Sendón R, Van der Kellen A, Vaz MF, Sanches Silva A. Bisphenol A in food as a result of its migration from food packaging. Trends in Food Science & Technology 2019; 91: 33-65.
- [20] Pedersen, G. A., Hvilsted, S., & Petersen, J. H. (2015). Migration of bisphenol A from polycarbonate plastic of different qualities: Danish Ministry of the Environment. Miljøprojekter No. 1710 <http://mst.dk/service/publikationer/publikationsarkiv/2015/maj/migration-of-bisphenol-a-from-polycarbonate-plastic>.
- [21] FDA, Bisphenol A (BFA): Use in Food Contact Application. <https://www.fda.gov/newsevents/publichealth/Cus/ucm064437.htm>. Accessed date: 20.04.2017.
- [22] Lorber M, Schechter A, Paepke O, Shropshire W, Christensen K, Birnbaum L. Exposure assessment of adult intake of bisphenol A (BFA) with emphasis on canned food dietary exposures. Environment International 2015a; 77: 55-62. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.01.008>.
- [23] Kang JH, Katayama Y, Kondo F. Biodegradation or Metabolism of Bisphenol A from mikroorganism to mammals. Toxicology 2006; 217: 81-90.
- [24] Nakanishi J, Miyamoto KI, Kawasaki H. Bisphenol A Risk Assessment Document, AIST Risk Assessment Document 2007; Series No. 4.
- [25] National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database; CID=6623, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6623>. Accessed date: 27/10/2021.
- [26] Anonymous, Occupational Safety and Health Administration Bisphenol A [https://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH\\_221000.html](https://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_221000.html). Accessed date: 27/10/2021.
- [27] Cwiek-Ludwicka K. Bisphenol A (BFA) in food contact materials - new scientific opinion from EFSA regarding public health risk. Roczniki Państwowego Zakładu Higieny 2015: 66(4):299-307.
- [28] Tox Town. Bisfenol A, [https://toxtown.nlm.nih.gov/text\\_version/chemicals.php](https://toxtown.nlm.nih.gov/text_version/chemicals.php), Accessed date: 27/10/2021.
- [29] The Environmental Working Group, Bisphenol A- toxic plastics chemical in canned food <http://www.ewg.org/research/bisphenol>. Accessed date: 27/10/2021.

- [30] Pielichowski K, Michalowski S. Nanostructured flame retardants: Performance, toxicity, and environmental impact. *Polymer Nanocomposites and Other Materials Containing Nanoparticles* 2014; 251-277. <https://doi.org/10.1533/9780857096678.3.251>. Accessed date: 27/10/2021.
- [31] EFSA CEF Panel (EFSA Panel on Food Contact Materials, Enzymes, Flavourings and Processing Aids), 2015. Scientific opinion on the risks to public health related to the presence of bisphenol A (BPA) in foodstuffs: Executive summary. *EFSA Journal* 2015a; 13(1): 3978.
- [32] Health Canada, Bureau of Chemical Safety, Food Directorate, Health Products and Food Branch, Survey of Bisphenol A in Canned Drink Products (2009): 1-8.
- [33] Hoekstra EJ, Simoneau C. Release of Bisphenol A from Polycarbonate-A Review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 2013; 53(4): 386-402.
- [34] Joint Fao/WHO Expert Meeting (2010). Toxicological and health aspects of bisphenol a Joint. Ottawa, Canada: World Health Organization.
- [35] Janet R. Concerned about BFA: Check your receipts <https://www.sciencenews.org/blog/science-public> 20.04.2017.
- [36] Akyüz S, Yarat A, Egil E. Bisfenol A içerikli dental materyallere güncel yaklaşım. *Marmara Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi MÜSBED* 2011; 1(3): 190-195.
- [37] Altuntaş Ü. Türkiye’de satışı sunulan bazı gıdalarda ambalaj materyallerinden migrasyonun ölçülmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 2014.
- [38] Yavuz HT. Migration of dipropylene and tripropylene glycol diacrylate from packaging materials and screening of potential risks in paper packagings. MSc, Istanbul Technical University Graduate School of Science Engineering And Technology, İstanbul, Turkey, 2013.
- [39] Barnes KA, Sinclair CR, Watson DH. *Chemical Migration and Food Contact Materials* 2007; Chapter 1: 1-12.
- [40] Cao XL, Coriveau J. Migration of Bisphenol A from polycarbonate baby and water bottles into water under severe condition. *J. Agric. Food Chem.* 2008; 56: 6378-6381.
- [41] Sungur Ş. Köroğlu M, Özkan A. Determination of bisphenol a migrating from canned food and beverages in markets. *Food Chemistry* 2014; 142: 87-91.
- [42] Nam SH, Seo YM, Kim MG, Bisphenol A Migration from polycarbonate baby bottle with repeated use. *Chemosphere* 2010; 79: 949-952.
- [43] Ye X, Wong LY, Bishop AM, et al. Variability of Urinary Concentrations of Bisphenol A in Spot Samples, First Morning Voids, and 24-Hour Collections *Environ Health Perspect* 2011; 119: 983-988.
- [44] Michalowicz J. Bisphenol A-Sources toxicity and Biotransformation. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 2014; 37: 738-758.
- [45] EFSA (2015b). Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of bisphenol A (BFA) in foodstuffs. *EFSA Journal*, 13(1), 1-621. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2903/j.efsa.2015.3978>. Accessed date: 27/10/2021.
- [46] Rykowska I, Wasiak W. Properties, Threats and methods of analysis of bisphenol A and its derivatives. *Acta Chromatographica* 2006; 16: 7-20.
- [47] Yıldırım Y, Ertaş Onmaz N, Gönülalan Z et al. Bisfenoller ve fitalatların halk sağlığı üzerine etkileri. *Erciyes Üniv Vet Fak Derg* 2020;17(1): 68-75. <https://doi.org/10.32707/ercivet.655008>.
- [48] Ferrer E, Santoni E, Vittori S, Font G, Mañes J, Sagratini G. Simultaneous determination of bisphenol A, Octylphenol, and nonylphenol by pressurised liquid extraction and liquid chromatography-tandem mass spectrometry in powdered milk and infant formulas. *Food Chemistry* 2011; 126(1): 360-367. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.10.098>.
- [49] Keller and Heckman LLP, France Releases Guidance on BFA Ban and Food-Contact Legislation, <http://www.packaginglaw.com/news/france-releases-guidance-BFA-ban-and-food-contact-legislation>. Accessed date: 27/10/2021.
- [50] Food Standards. Australia New Zealand, Regulation and monitoring of BFA <http://www.foodstandards.gov.au/consumer/chemicals/BFA/pages/regulationandmonitor5377.aspx>. Accessed date: 27/10/2021.
- [51] Commission Regulation (EU), 2018. Commission Regulation (EU) 2018/213 of 12 February 2018 on the Use of Bisphenol A in Varnishes and Coatings Intended to Come into Contact with Food and Amending Commission Regulation (EU) No 10/2011 as Regards the Use of that Substance in Plastic Food Contact Materials. Accessed date: 27/10/2021.
- [52] T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Türk Gıda Kodeksi Gıda İle Temas Eden Madde ve Malzemelere Dair Yönetmelik, 5 Nisan 2018, Sayı: 30382. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/04/20180405-2.htm>. Accessed date: 27/10/2021.
- [53] T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Gıda Kodeksi Bebek Formülleri Ve Devam Formülleri Tebliği (Tebliğ No: 2019/14). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/07/20190702-5.htm>. Accessed date: 27/10/2021.
- [54] <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/12/20191225M1-10-1.pdf> 29/06/2021. Accessed date: 27/10/2021.