

Bir Gıda Kontaminantı: Bisphenol A

Ar. Gör. Evren Gölge, Yrd. Doç. Dr. Kemal Demirağ, Prof. Dr. Gülden Ova
Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü 35100 Bornova / İzmir

ÖZET

Hasattan tüketime kadar çeşitli şekillerde istenmeyen maddeler gıdalarımıza bulaşmaktadır. Bu bulaşma kaynaklarından biri de ambalaj materyalleridir. Günümüzde plastik esaslı sentetik birçok materyalin, gıda ambalajı üretiminde kullanılması, bu türden maddelerin gıda emniyetini tehdit edici faktörleri de ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışmada polikarbonat esaslı plastik ambalajların ve konserve kutusu laklarının üretiminde kullanılan Bisfenol A (BPA), Bisfenol A Polikarbonatı (BPA-PC) ve Bisfenol A Diglicidileter(BADGE) bileşiklerinin fiziksel, kimyasal özellikleri ile migrasyon ve toksikolojik özellikleri literatür bilgisi ışığı altında tartışılmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bisfenol A (BPA), Bisfenol A Polikarbonatı (BPA-PC) ve Bisfenol A Diglicidileter(BADGE)

ABSTRACT

A wide variety of undesired materials are contaminating to foods through farm-to-fork chain. We can classify the threat coming from packaging materials as above mentioned contaminants. Today the use of various plastic based synthetic materials in food packaging, ensurfaces the threat of these materials for food industry. In this study, the chemical, physical properties and the migration as well as the toxicological properties of the compounds Bisphenol A (BPA), Bisphenol A Polycarbonate (BPA-PC) and Bisphenol A Diglycidylether (BADGE), which are being commonly used in food industry as in the forms of plastic bottle, inner can lacquer and etc., are discussed in with the help of the data obtained from the scientific literature.

Keywords: Bisphenol A (BPA), Bisphenol A Polycarbonate (BPA-PC) and Bisphenol A Diglycidyleter(BADGE)

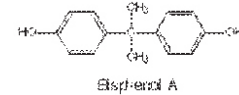
Gıdaların tüketiciye güvenli bir şekilde ulaştırılabilmesi için ambalajlama büyük önem taşımakta ve gıda sanayinde cam, kağıt, metal ve plastik esaslı pek çok malzeme gıda ambalajlarında kullanılmaktadır. Ancak ambalaj malzemelerinin hazırlanmasında kullanılan kimyasal bileşiklerin bazıları nedeniyle, insan sağlığına zararlı olabilecek bileşenlerin gıdaya olan geçişi (migrasyon), gıdaların güvenliğini olumsuz etkilemekte ve tüketici sağlığı açısından tehlike oluşturmaktadır.

Bisfenol A (BPA) endüstride çok geniş uygulamaları olan epoksi reçineler ve polikarbonat plastiklerin yapımında temel bileşen olarak kullanılan önemli bir endüstriyel kimyasal olarak karşımıza çıkmakta ve insanlar kullandıkları çeşitli ürünler nedeniyle dolaylı olarak bu kimyasal ürünle temas edebilmektedir. Örneğin, günlük yaşantımızda kullandığımız; gözlük camı, tıbbi malzemeler, su şişesi, gıda ambalajları, elektronik ve elektrik malzemeleri, yapı malzemeleri gibi birçok araç gereç polikarbonat plastiklerin çeşitli tipleri kullanılarak üretilmektedir. Yine epoksi reçineleri; yapıştırıcılar, endüstriyel koruyucu kaplamalar, boya ve dolgu malzemesi olarak çeşitli sanayi dallarında ve metal konserve kutularının iç kaplamalarında kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, polikarbonat ve epoksi reçinelerin kullanımı ile üretilen gıda ambalajlarında ve gıda kaplarında bulunan

Bisfenol A , Bisfenol A polikarbonatı ve Bisfenol A diglisidil eterin (BADGE) gıdaya geçişleri ve toksik etkilerine ilişkin yapılan çalışmaların irdelenmesi amaçlanmaktadır.

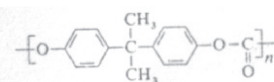
Söz konusu polikarbonat plastiklerin ve epoksi reçinelerin yapısında yer alan Bisfenol A diglisidil eterin temel maddesi olan Bisfenol A (C₁₅H₁₆O₂) (Şekil 1), iki fenol çekirdeğinin bir hidrokarbon köprüsü ile bağlanması sonucu oluşan ve bisfenoller (bishidroksiaryllarlar) olarak bilinen bir grup bileşiğin bir üyesidir. Bisfenollerin kimyasal reaksiyon özellikleri fenolik OH gruplarına, aromatik halkalara ve alkil köprülerine bağlı olarak değişmektedir. Ticari anlamda birçok önemli bisfenolun erime noktası 100-200°C'dir ve suda çözünmezler. Organik çözücülerdeki çözünürlükleri ise moleküldeki yer değiştirmiş gruplara bağlı olmakta ve moleküllerindeki yüksek oranda bulunan alifatik gruplara bağlı olarak alifatik hidrokarbonlarda çözünmelerine karşın bunlardan sadece Bisfenol A, eter ve alkol gibi polar ortamlarda da çözünmektedir. Bisfenollerin alkali tuzları ise suda kolaylıkla çözünbilme özelliği gösterirler. Bisfenollerin molekül büyüklükleri ve polaritelerine bağlı olarak kaynama noktaları yükselmektedir. Bisfenoller 1930'lardan itibaren plastik endüstrisinde yardımcı madde olarak; vernik hammaddesi, plastik, kauçuk ve yağlarda antioksidan olarak kullanılmaya başlanmış ve kullanım alanları her geçen gün artmıştır [7].



Şekil 1. Bisfenol A'nın yapısal formülü

Günümüzde en önemli ve sık kullanılan endüstriyel polikarbonat 2,2-bis(4-hidroksifenil)propan'dır. Diğer bir adıyla Bisfenol A polikarbonatı (BPA-PC) olarak da isimlendirilir. 1953 yılında Bayer'de çalışan Schnell, Bottenbuch, Krimm ve General Electric çalışanı Fox tarafından birbirlerinden bağımsız olarak aynı zamanda keşfedilmiş ve değişik sanayi dallarında hızla kullanım alanı bulmuştur. Bisfenol A'nın endüstriyel boyutta çok yaygın bir şekilde kullanılmasının nedenleri; maddenin yüksek sertlik özelliği, ışık geçirgenliği, diğer polimerlerle olan üstün uyumu ve ısıya karşı olan yüksek direnci olarak açıklanmaktadır [7].

Bisfenol A polikarbonatı (BPA-PC)(Şekil 2) renksiz ve kokusuz olup, oda sıcaklığında katı halde bulunmaktadır. Kloroform, diklorometan ve dikloroetan gibi klorlanmış hidrokarbonlar, piridin, m-kresol gibi halojenlenmemiş çözücüler tarafından çözüldürülmekte iken suda, alkolde ve sikloalifatik hidrokarbonlar gibi yarı polar çözücülerde ise çözünmemektedir. Endüstride kullanılan BPA polikarbonatının ortalama molekül ağırlığı 20000 ila 35000 arasında değişmektedir. Polikarbonatın molekül ağırlığı 60000'i geçtiği zaman çok yüksek viskozite özelliği göstermesi nedeniyle endüstriyel anlamda kullanılamaz hale geldiği belirtilmektedir [10].

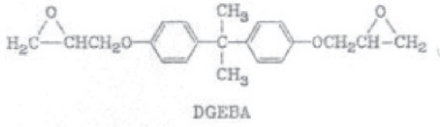


Şekil 2. Bisfenol A polikarbonatının yapısal formülü

Epoksi reçineler molekül içerisinde iki ya da daha fazla epoksi grubu (Şekil 3) içeren yarı polimerlerdir. Bu reçineler, çeşitli polimerleştirme ajanları (örn. TETA-trietilentetraamin) ile reaksiyona sokularak, çapraz bağlarla bağlanarak isteğe göre kuvvetli, sert, kimyasal olarak dayanıklı ve yapışma özelliği olan termoplastiklere dönüştürülebilmektedirler. Ticari önemi olan epoksi reçineler genellikle epiklorhidrinin en az iki reaktif hidrojen atomu içeren maddeler ile çiftlenmesi sonucu hazırlanmaktadır. Bu maddeler polifenolik bileşikler, mono ve diaminler, amilofenoller, heterosiklik imidler ve amidler, alifatik diol ve polidioller ve dimerik yağ asitleridir. Günümüzde kullanılmakta olan epoksi reçinelerin %75'i Bisfenol A diglicidil eterden (BADGE) (2,2bis[4-(2,3epoksipropoksi)fenil]propan) (Şekil 4) türetilmekte ve bunun sebebi olarak da, BADGE'in düşük üretim maliyeti ve istenilen amacı mükemmeliyetle karşılama özelliği gösterilmektedir [7].



Şekil 3. Epoksi grubunun yapısal formülü



DGEBA

Şekil 4. Bisfenol A diglicidyleter (BADGE)'in yapısal formülü

Epoksi bazlı kaplamaların, gıda endüstrisinde kullanım alanı; konserve kutuların ve çeşitli gıda saklama ambalajlarının lak kaplamaları olarak gösterilmektedir. Bunun yanı sıra pestisit, fungusit, antioksidan, aleve dayanıklı malzemelerde, kauçuk sanayinde ve PVC yapımında da kullanıldığı belirtilmiştir [11].

Bisfenol A ve türevlerinin sanayide kullanılmaya başlanmasıyla birlikte konuyla ilgili olarak toksikolojik ve gıda güvenliği açısından öneminin araştırıldığı birçok çalışmanın yapıldığı görülmektedir. 1986 yılında Avrupa Gıda Bilimsel Komitesi (SCF) tarafından yayınlanan EUR 11322 sayılı Avrupa Topluluğu Komisyon Raporunda, BADGE bileşiği, kabul edilir günlük alım değeri (ADI) veya tolere edilebilir günlük alım değeri (TDI) belirlenememiş ve gıdalara olan geçişi standard bir metot ile belirlenemeyen kimyasal bileşiklerin bulunduğu, 4A listesine dahil edilmiştir. Bununla beraber yine aynı direktifte SCF, BADGE'yi gıdalarda 20g/kg, plastiklerde kalıntı olarak 1 mg/kg olarak sınırlamıştır. 1995-96 yılları arasında çeşitli Avrupa ülkelerinin akredite laboratuvarlarının sonuçlarına göre konserve kutuların iç cidarlarında kullanılan kaplama polimerlerinden gıda maddelerine yüksek oranda BADGE geçişi bildirilmiştir [11].

Bu gelişmeler üzerine SCF, BADGE bileşiğini, "4A" listesinden, hakkında toksikolojik veri bulunan ancak ADI veya TDI değerlerinin saptanmamış maddelerin bulunduğu "7" numaralı listeye almıştır. Son olarak komite 1999 yılında BADGE'in herhangi bir sistemik tümörojenik aktivitesine ait bir kanıt bulunmadığına dair bir rapor yayınlamıştır [9, 11].

Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği'nin, Gıda Maddeleri İle Temasta Bulunun Veya Bulunmak Üzere İmal Edilen Plastikler Hakkındaki Tebliği'ne göre Bisfenol A diglicidil eter'in gıda ambalajı olarak hazırlanmış olan plastiklerde en çok % 0,2 oranında bulunmasına izin verilmektedir [1].

Bisfenol A'nın gıdalara geçişi ile ilgili olarak Howe ve Borodinsky (1998) tarafından yapılan çalışmada, 3 büyük Amerikan firmasının ürettiği, gıda endüstrisinde kullanılan polikarbonatlardan gıdaya BPA geçiş özelliklerinin incelenmesi

amacıyla; su bazlı gıdalar yerine su, asidik gıdalar yerine %3'lük asetik asit, alkollü gıdalar yerine %10'luk etil alkol ve yağlı gıdalar yerine Hindistan cevizi yağı kullanarak bir model sistem oluşturulmuştur. Polikarbonat örneklerini gıda model sistemi ortamlarına daldırarak 100C'de 6 saat ve 50C'de 10 gün bekletmişlerdir. Bu model sistem örnekleri 5 ppb düzeyinde duyarlı bir analitik metot kullanılarak değerlendirilmiştir. Araştırma bulgularına göre model sistemlerde 8800 ile 11200 g/kg (ppb) aralığında değişen düzeyde BPA kalıntısının saptandığı ifade edilmektedir [6].

Başka bir model çalışma Japon Polikarbonat Reçine Teknolojisi Komitesi tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, yasal limit olan 500 ppm Bisfenol A, polikarbonat reçinesi içine katılarak, gıda ikameleri olarak belirlenen; su, %4'lük asetik asit, %20'lik alkol ve n-heptan model sistemlerinde araştırılmıştır. Örnekler, 5C'de 30 gün, oda sıcaklığında 180 gün, 40C'de 180 gün, 70C'de 48 saat, 95C'de 30 dakika bekletilerek BPA geçişi araştırılmıştır. BPA'nın model sisteme migrasyonu, belirleme limiti 50 ppb olan bir analitik metot kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma bulgularına göre, söz konusu test koşullarında çalışmada kullanılan gıda ikamelerine, Bisfenol A geçişinin gözlenmediği belirtilmektedir [14].

Nagasaki Üniversitesinden Takao ve arkadaşları (1999), yaptıkları çalışmada, plastik esaslı bebek biberonlarından 95C'deki suya 30 dakikada geçen BPA konsantrasyonlarının kullanılmamış biberonlarda 1,0-1,9 ppb ve kullanılmış biberonlarda 1.8-7,9 ppb değerlerinde olduğunu saptamışlardır. Kullanılmış biberonlardan migrasyonun daha yüksek değerlerde çıkmasının, çok kullanımdan kaynaklanan yüzey aşınmasına bağlı olarak, yüzey alanındaki artıştan ileri geldiğine dair bir görüş bildirilmektedir [14].

Gıda ambalajlamada kullanılan metal ambalajlardan gıdaya metal bulaşmasını ve istenmeyen reaksiyonları engellemek amacıyla, metal kutuların iç yüzeyi ince koruyucu epoksi reçineden yapılmış astarlarla kaplanmaktadır. İlk olarak Brotons ve arkadaşları (1995) konserve kutusunda kullanılan BPA bazlı astarlardan konservenin sebzelere migrasyonu olduğunu saptamışlardır [3].

Plastik Endüstrisi Topluluğu (SPI) tarafından yaptırılan araştırmada, Howe ve Borodinsky (1998) kutu astarlarından gıdaya BPA geçişine bağlı olarak 0,000105 mg/ kg vücut ağırlığı / gün olarak vücuda alınabileceği belirlenmiştir. Bu değer Amerikan Çevre Kurumunun (EPA) öngördüğü 0,05 mg/ kg vücut ağırlığı /gün olan değerden yaklaşık olarak 475 kat daha azdır [4, 6].

Biles ve arkadaşları (1997) epoksi astarlı 5 çeşit metal ambalaj ve 5 değişik marka bebek mamasında yaptıkları çalışmada BPA migrasyonunun bebek maması markası ve muhafaza kabının tipine göre 0.1 ppb ile 13.2 ppb arasında değiştiğini saptamışlardır [2].

BADGE içeren değişik tip ambalajla ambalajlanmış ürünler üzerine Avrupa'da yapılan bazı çalışmalara göre özellikle konsantre konserve süt ürünlerinde BADGE bileşiği belirlenmiştir. Örnekler 1997 yılında Avusturya, Belçika, Almanya, İtalya, Lüksemburg, Hollanda, İngiltere ve İsviçre'den temin edilmişlerdir. Teneke kutularda paketlenmiş kremlerin %54'ünde bu maddeye rastlanırken, sterilize sütlerde çok nadir, bitkisel yağlarda hiç bulunmamıştır. 3 krema örneği hariç diğerlerinde belirlenen konsantrasyonların AB Gıda Bilimsel Komitesi SCF'nin belirlediği 1 mg/kg sınırının altında kaldığı belirtilmektedir. BADGE'in kutu gövde astarında

yüksek konsantrasyonda bulunmasına rağmen gıda maddelerine olan migrasyonun küçük miktarlarda olduğu belirtilmiştir [9, 13].

Bisfenol A , Bisfenol A polikarbonatı ve epoksi reçinelerin yapısında sıklıkla yer alan Bisfenol A diglisidil eterin (BADGE) toksisite üzerine pek çok araştırma sürdürülmektedir.

Ulusal Toksikite Programı (NTP), 1982 yılında F344 sıçanlarına 1000 ve 2000 ppm BPA içeren ve ayrıca B6C3F₁ kobay farelerine 1000 ve 5000 ppm, buna ilaveten 5000 ve 10000 ppm düzeyinde BPA içeren günlük diyet uygulayarak yapılan 2 yıllık denemeler sonucunda bazı deneklerde kanser vakalarına rastlanmasına rağmen, elde edilen verilerin istatistiksel sonuçlarının BPA'nın F344 sıçanları ve B6C3F₁ kobay fareleri üzerinde kanserojen etkiye sahip olduğuna dair bir ilişki ortaya koyamadığını bildirmektedir [8].

Aynı çalışmada BPA'nın F344 sıçanları ve B6C3F₁ kobay fareleri üzerinde düşük oral toksisiteye sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Buna göre BPA'nın oral toksisite LD₅₀ değeri 4100 mg/kg erkek sıçanlar için, 3300 mg/kg dişi sıçanlar için; 5200 mg/kg erkek kobay fareleri için ve 4100 mg/kg dişi kobay fareleri için olmak üzere rapor edilmiştir [8].

Yine NTP tarafından B6C3F₁ kobay fareleri üzerinde yapılan doz belirleme ve subkronik toksisite çalışmalarında, 5000, 10000, 15000, 20000 ve 25000 ppm BPA içeren diyet 90 gün boyunca farelere uygulanmış, çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre erkeklerde 15000 ppm ve dişilerde 5000 ppm BPA düzeyinin üzerinde ortalama vücut ağırlığında azalma gözlenmiştir [5].

Nitschke ve ark.(1986) tarafından deney sıçanları üzerinde yapılan çalışmada; sıçanlar iki hafta boyunca günde 6 saat 10, 50 ve 150 mg/m³ BPA aerosola maruz bırakılmışlardır. 150 mg/m³ aerosola maruz kalan sıçanların kilolarında %5 azalma olduğu, 50 ve 150 mg/m³ dozlara maruz kalan sıçanların burunlarının ön kısmında hafif mikroskopik tahribat gözlemlendiği bildirilmektedir. Bu çalışmayı izleyen 13 haftalık solunum denemelerinde 50 ve 150 mg/m³ aerosola maruz bırakılan sıçanların üst solunum yollarında hafif değişiklikler gözlenmiştir. Ancak değişiklikler BPA ile temasın kesilmesi ve sıçanların iyileşmeye bırakılması ile düzeldiği belirtilmektedir [14].

Son yıllarda ortaya atılan düşük doz hipotezine göre; bazı maddelerin çok düşük dozları, insanlarda normal hormonal fonksiyon bozuklukları da dahil olmak üzere insan sağlığına zarar verici, istenmeyen etkilere sebep olabilmektedir. BPA'nın düşük doz etkisine ilişkin en kapsamlı çalışma Rochelle Tyl tarafından Research Triangle Institute'da yapılmış olan Sprague-Dawley cinsi sıçanların 3 neslini kapsayan çalışma olarak gösterilmektedir. Bu çalışmada sıçanlar, 0 ile 7500 ppm düzeyinde dozlarda, 0.001, 0.020, 0.300, 5, 50, 500 mg/kg vücut ağırlığı/gün alımlara denk gelen seviyelerde BPA içeren diyete tabii tutulmuşlar, deneyler 3 neslin yetişkinlik evresine kadar devam ettirilmiştir. Araştırma sonucunda BPA'nın düşük doz etkisinin bulunduğuna dair bir kanıt saptanamamıştır [14].

General Elektrik tarafından Beagle cinsi köpekler üzerine yapılan iki çalışmada, köpekler 2000, 4000, 8000 ve 12000 ppm BPA içeren öğünlerle birinci çalışmada 2 hafta ve ikinci çalışmada 90 gün süresince beslenmişlerdir. Çalışma sonucunda kanserojen etkiye dair bir veri elde edilemediği bildirilmektedir [5].

BPA'nın metabolizma üzerine etkileri üzerine yapılan

çalışmalarda Knakk ve Sullivan (1966), Pottenger ve arkadaşları (2000), Takashi ve Oishi (2000); BPA ağız yoluyla alındığında kısmen emilime uğradığı ve hızla dışkı yoluyla atıldığı belirtilmekte, dokularda biriktigiğine dair bir kanıt bulunmadığına işaret edilmektedir [5].

Düşük buhar basıncından dolayı BADGE'in solunması ile bir tehlike arz etmediği, göz ile temas halinde minimal bir iritasyon söz konusu olduğu, molekül ağırlığı 900'un altında olan BADGE'in insanlarda gözlemlenen önemli etkisinin ise deri hassasiyeti olduğu, deri ile uzun süreli ve sürekli temas haricinde ciddi bir iritasyon görülmediği bildirilmektedir [10].

Yapılan birçok çalışmanın gösterdiği sonuçlar doğrultusunda plastik malzemelerde ve bazı gıda ambalaj çeşitlerinde kullanılan BPA, BPA-PC, BADGE bileşiklerinin gıdalara geçtiği belirlenmiş olmakla beraber; geçen miktarların, gıdanın yapısı, depolama koşulları ve süresine göre değişiklik gösterdiği anlaşılmaktadır. Diğer taraftan yapılan toksikolojik çalışmaların sonuçları da bazı deney hayvanlarında kanserojenik oluşum gözlenmesine karşın, istatistiksel anlamda söz konusu bileşikler ile kanserojen etki arasında kesin bir ilişki belirlenmemiştir. Bu sonuçlar göstermektedir ki, kesin bir yargıya ulaşmak için bilimsel çalışmaların devamlılığı gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- !ANON. 1980. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği, Gıda Maddeleriyle Temasta Bulunan Veya Bulunmak Üzere İmal Edilen Plastikler Hakkında Yönetmelik R.Gazete No. 17015, R.G. Tarihi, 12.6.1980.
- !Biles, J.E., McNeal, T.P., Begley, T.H. 1997. Determination Of bisphenol A Migrating From Epoxy Can Coatings To Infant Formula Liquid Concentrates. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 45, 4697-4700s.
- !Brotons, J.A., Olea-Serrano, M.F., Villalobos, M., Pedraza, V. And Olea, N. 1995. Xenoestrogens Released From Lacquer Coatings In Food Cans. Environmental Health Perspective, 103, 608-612s.
- !EPA (U.S. Environmental Protection Agency), Bisphenol A, CASRN 80-05-7, IRIS, Integrated Risk Information System Online, 1993. <http://www.epa.gov/iriswebp/iris/subst/0356.htm>
- !Haighton, L.A., Hlywka, J.J., Doull, J., Kroes, R., Lynch, B.S., Munro, I.C., 2002. An Evaluation Of The Possible Carcinogenicity Of Bisphenol A To Humans. Regulatory Toxicology And Pharmacology, 35, 238-254 S.
- !Howe, S.R., Borodinsky, L., 1998. Potential Exposure To Bisphenol A From Food Contact Polycarbonate Resins. Food Additives And Contaminants, Vol. 15, 370-375s.
- !Muskopf, J.W., Mccollister, S.B., 1992. Epoxy Resins. Ullmann's Encyclopedia Of Industrial Chemistry, Vol A.9 547-563s.
- !NTP, 1982. NTP Technical Report On The Carcinogenesis Bioassay Of Bisphenol A In F344 Rats And B6C3F₁ Mice (Feed Study). National Toxicology Program, U.S. Department Of Health And Human Services, Public Health Service, National Institute Of Health
- !Opinion of the Scientific Committee on food on Bisphenol A 2002 http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scf/index_en.html
- !Serini, V., 1992. Polycarbonates, Ullmann's Encyclopedia Of Industrial Chemistry, Vol A.21 207-211s.
- !Suarez, S., Suerio, R.A., Garrido, J., 2000. Genotoxicity Of The Coating Lacquer On Food Cans, BADGE, Its Hydrolysis Products And A Chlorohydrin Of BADGE. Mutation Research, 470:2, 221-228 S
- !Takino, A., Tsuda T., Kojima, M., Harada H., Muraki, K., Wada, M., 1999. Development Of Analytical Method For Bisphenol A In Canned Fish And Meat By HPLC. Journal Of The Food Hygienic Society Of Japan, 40:4, 325-333 S.
- !Theobald, A., Simoneau, C., Roncari, P., Roncari A., Anklam, E., 1999. Monitoring Of BADGE In Canned Milk Products And Vegetable Oils. Deutsche Lebensmittel Rundschau, 95:9, 362-365 S.
- !www.bisphenol-a.org