

ANNE SÜTÜNÜN ve BEBEK MAMALARININ PESTİSİTLERLE KONTAMİNASYONU

Araş. Gör. Hülya GÖKMEN*, Prof. Dr. Mine YURTTAGÜL*

ÖZET

Çevredeki kalıcı halojene pestisitler ve endüstriyel kimyasallar anne sütünün yağında çözünmektedirler. Bu kirleticiler genellikle bebek mamalarında bulunmamaktadır, çünkü mamaların yağları pestisitlerden fakir olan hindistan cevizi ve soya yağlarından elde edilmektedir. Ancak hazırlama aşamasında kullanılan suların pestisitlerle kontaminasyonu mamalarda da pestisit kalıntısı bulunmasına neden olmaktadır. İnekler ise yaşamları süresince tonlarca süt ürettiklerinden, adipoz dokularında birikmiş olan pestisitleri sütleriyle atmakta ve bu nedenle sütlerindeki kalıntı miktarı anne sütünden daha az olabilmektedir. Günümüzde diklorodifeniltrikloroetan (DDT), heksaklorobenzen (HCB), siklodien pestisitleri veya metabolitleri, endüstriyel kimyasallar (poliklorine bifeniller) ve benzeri bileşiklerin kullanımı birçok ülkede yasaklanmasına rağmen, doğada uzun olan yarılanma ömürlerinden dolayı besin zincirine girerek ve sıklıkla anne sütünü kirleterek insan organizmasında birikmektedir.

Anahtar Sözcükler: Pestisitler, anne sütü, bebek mamaları

ABSTRACT

Contamination of Breast Milk and Infant Formulas by Pesticides

Bioconcentrating pollutant chemicals, especially persistent halogenated pesticides and industrial chemicals that are dissolved in the fat of human milk. Infant formulas are free of these residues, because the lipid comes from coconuts or soy that have low levels of pesticides. Water is the largest segment of used in infant formulas and potentially the most significant source of pesticide residues. Dairy cows do not have much exposure; in addition, they produce a ton or more of milk during their career, keeping the concentration in any given volume of milk less than the breast milk. Although the use of dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT), hexachlorobenzene (HCB), the cyclodiene pesticides or their metabolites,

industrial chemicals (the polychlorinated biphenyls) and similar compounds are now banned in most countries, they may continue to enter the food chain and often present in the milk of women and accumulate in humans due to their long half-lives in nature.

Key Words: Pesticides, breast milk, infant formulas

GİRİŞ

Çeşitli besinlerde ve içme suyunda çevresel kirleticilerin bulunması, insan sağlığını özellikle de küçük çocukların sağlıklarını etkilemektedir. Diklorodifeniltrikloroetan (DDT), heksaklorosikloheksan (HCH) gibi pestisitler ve herbisitler, dioksinler ve dioksin benzeri poliklorine bifenil (PCB) bileşikleri gibi atık ürünler, organik civa, arsenik gibi ağır metaller ve radyoaktif ürünler çevrede uzun süre kalabilen ve insan sağlığını etkileyen önemli kirleticilerdir (1). Çevresel olarak kalıcı olan organoklorin pestisitler son 30 yıldır üzerinde önemle çalışılan konulardan birisidir. Siklodienler, heptaklor ve klordan hayvansal karsinojenler olarak adlandırılırken siklodienler, aldrin ve dieldrin hakkında yapılan hayvan çalışmalarının sınırlı olması nedeniyle karsinojenik olarak değerlendirilmemiştir. Çevrede organoklorin pestisitlerin sürekli olarak bulunması, besinler ile suda DDT ve bazı siklodienlerin kalıntısına neden olmaktadır (2). Organoklorin pestisitlerden DDT, DDE (1.1-dikloro-2.2-bis etilen), HCB, klordan, heptaklor, dieldrin ve mireks 1940'lardan itibaren sıklıkla kullanılmaktadır ve bu pestisitlerin çevremizdeki kalıntıları oldukça yaygındır (3).

Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Kanada Pediatri Akademileri ile Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) yaşamın ilk 6 ayı süresince bebeklerin sadece anne sütü ile beslenmelerini önermektedir. Anne sütüne olan ilginin bu derece artması, son 10-20 yıl içerisinde araştırmacıları anne sütüne geçebilen ve çocuklar üzerine zararlı etkileri bulunabilen kimyasallar ve ilaçlar konusunda çalışmaya yöneltmiştir (3,4). Bazı kimyasalların değişken halojenizasyon ile (genellikle klorinasyon)

* Hacettepe Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü

halka yapıları sabit kalmaktadır. Halojene halkalar çevredeki veya organizmadaki C-C bağlarının oksidasyonuna veya çözünmesine dayanıklıdır. Lipofilik veya hidrofobik olan bileşikler anne sütünün yağında çözünmektedirler. Bu bileşikler çevrede buharlaşmazlar ve solunan hava ile atılmazlar. Bu özelliklerinden dolayı kalıcı bileşikler olarak adlandırılırlar (5). Anne sütündeki yağ oranının yüksek (~ %3), serumdaki yağ oranının daha düşük (~ %1) olması, bu bileşiklerin anne sütündeki konsantrasyonlarının serumdaki konsantrasyonlarından daha fazla olmasına neden olmaktadır (5,6).

Emziren anneler vücutlarına herhangi bir kimyasal madde veya ilaç aldıklarında sütlerinde de bu maddelere rastlanmaktadır. Özellikle laktasyon döneminde adipoz dokudaki yağların mobilize olmasıyla, depolanmış olan bu bileşikler serbest kalarak dolaşım içerisine geçerler. Yapılan birçok çalışmada bu bileşiklerin bebeğe geçişinin temel yolunun anne sütü olduğu belirlenmiştir. DSÖ 1986 yılında yayınladığı raporda bebeklerin, daha büyük çocuklara ve yetişkinlere göre bu kimyasallara karşı daha duyarlı olduklarını bildirmiştir. Ağırlıklarına göre vücut yüzeylerinin daha geniş, metabolik hızlarının ve oksijen tüketimlerinin yüksek, vücut bileşimlerinin farklı ve vücut ağırlıkları başına enerji ve sıvı gereksinmelerinin fazla olması bu bebeklerin kimyasallara neden daha duyarlı olduklarını açıklamaktadır. Ayrıca bu bebeklerin karaciğer ve böbrek işlevlerinin tam olgunluğa ulaşmaması, fiziksel gelişimlerini tamamlayamamaları ve merkezi sinir sisteminin işlevini tam olarak yapamaması kimyasallara duyarlılığı arttıran diğer faktörlerdir (7).

Bebek mamaları, anne sütü alamayan bebeklerde yaşamın en azından ilk 3 ayı için temel besinlerdir. Süt, yoğurt ve süt bazlı mamalar ise yaşamın ilk yılı boyunca tüm bebeklerin temel enerji ve besin ögesi kaynaklarıdır (4). Kimyasal kirleticiler genellikle bebek mamalarında bulunmamaktadır. Çünkü mamaların yağları genellikle pestisitlerden fakir olan hindistan cevizi ve soya yağlarından elde edilmektedir. Ancak hazırlama aşamasında kullanılan suların pestisitlerle kontaminasyonu mamalarda da pestisit kalıntısı bulunmasına neden olmaktadır. İnekler ise yaşamları süresince tonlarca süt ürettiklerinden, adipoz dokularında birikmiş olan pestisitleri sütleriyle atmakta ve bu nedenle sütlerindeki kalıntı miktarı azalmaktadır (5). İnekler katı vejetaryendir, insanlar ise sığır, domuz ve balığı daha sıklıkla tükettiklerinden, pestisitleri daha geniş bir besin yelpazesinden vücutlarına almaktadırlar (3).

Anne sütünün kimyasal kirleticiler yönünden izlenmesi, çevre kirliliğinin göstergesi olması bakımından ve halk sağlığı açısından yararlıdır. Öncelikle anne sütü örnekleri kalıcı lipofilik ksenobiyotiklerin bulunuşu bakımından insan adipoz dokularının güvenilir bir göstergesidir. Bunun yanısıra çevre kirliliği durumunda çeşitli kirleticiler ile yetişkin vücut yükü ve insanların geçmişte ne kadar kimyasal kirleticiye maruz kaldığı hakkında bilgi verir. Ayrıca bebeklerin maruz kaldığı dozlar belirlenir (8). Besin zinciri içerisinde organoklorin pestisitlerin birikmesi ve özellikle de anne sütünde birikmesi bebekler için tek besin olan anne sütünün güvenilirliğini etkilemektedir (2). Laktasyon döneminin evrelerine göre de bebeklerin süt ile pestisitlere maruz kalma durumları belirlenmektedir. Yapılan çalışmalarda organoklorin bileşiklerin kolostrumda diğer sütlere göre daha düşük olduğu bulunmuştur (6,9).

Bazı hayvanlar bu bileşiklerin etkilerine insanlardan daha fazla duyarlıdırlar. DDT ratlarda enzimlerin etkilerini başlatmaktadır; köpeklerde adrenal atrofiye neden olur, ratlarda, kuşlarda ve diğer laboratuvar hayvanlarında hormonal siklusu ve üremeyi etkiler ve ayrıca maymunlarda karsinogeniktir. Tüm bu bileşikler hayvanlarda mikrozomal enzim aktivitesini başlatır ve böylece ilaç metabolizmasını etkiler. Bu kimyasallar hepatik işlev bozukluğuna neden olur; steroid hormon metabolizmasını etkileyerek üremeyi bozar. DDT gibi dieldrin de maymunlarda karsinogeniktir. Bu sonuçları insanlar için genelleştirmek oldukça zordur. İnsanlarda üreme kapasitesi, enzim faaliyetlerinin başlaması veya karsinogenezis üzerine yapılmış uzun dönem klinik çalışmalar bulunmamaktadır (3).

DSÖ 1980 yılından beri 10 ülkede yaptığı çalışmada, Hindistan, Çin ve Meksika'nın en yüksek DDT ve DDE düzeyine sahip olduğunu (ABD değerlerinin 2-3 kat daha fazlası), İsveç, Belçika ve Batı Almanya'nın en düşük seviyelere sahip olduğunu (ABD değerlerinin %50-60 daha azı) belirlemiştir. Bu çalışmadaki PCB seviyesi DDE gibi farklılık göstermektedir. Batı Almanya, İsveç ve Belçika'da ise PCB en yüksek seviyelerde iken Hindistan, Çin ve Meksika'daki örneklerde PCB'ye rastlanmamıştır (5). DSÖ'nün 1993 yılında yayınladığı raporda PCB seviyesinin endüstrileşmiş ülkelerde diğer ülkelerden çok farklı olmadığı, ancak Hindistan'ın Çekoslovakya, Batı Almanya, Danimarka ve İtalya arasından sıyrılıp en yüksek gruba ilerlediği kaydedilmiştir. ABD içerisinde pestisitlerle ilgili 1970 ve 1980'li yıllara ait bölgesel raporlar bulunmaktadır. Güneybatıda DDE, Birleşik Devletler'in diğer bölgelerinden yaklaşık 2 kat daha fazla bulunmuştur (5).

Orta yaştaki insanlar yukarıda bahsedilen bu pestisitlere doğrudan maruz kalabilirler ve bu ajanları vücutlarında absorbe ederek depolarlar. Özellikle kontamine olmuş suların tutulan balıklar ile beslenen topluluklarda bu bileşiklerin vücuttaki konsantrasyonları önemli derecede yüksektir. Olaya bebekler açısından bakıldığında ise, tek besini anne sütü olan bu bebekler, bu bileşikleri vücutlarına anne sütü ile alıp depo etmektedirler. Bu pestisitlerin %20'sinden fazlası çocuğa laktasyonun 6. ayına kadar annenin depolarından anne sütüyle ve süttten kesilme döneminde de diğer kaynaklardan geçerek birikmektedir. Çocuklarda geriye dönük olarak bu pestisitlerden özellikle ikisi (DDT ve PCB) üzerine yapılan çalışmalar fazladır (5). Bu yazıda pestisitlerin bebek sağlığı üzerine olan etkileri incelenmektedir.

Polihalojene Bifeniller

Polihalojene bifenil grubu içerisinde poliklorine bifeniller ve polibromine bifeniller yer almaktadır (3).

Poliklorine bifeniller (PCB) ve poliklorine dibenzofuranlar (PCDF): Poliklorobifeniller (PCB) bağlı 2 fenil halkasından oluşan bileşiklerdir. Klorinasyon derecelerine göre sınıflandırıldığında çevrede 209 adet PCB bulunduğu bilinmektedir ve çevresel olarak kalıcı olanları, klorinasyon derecesi yüksek olan bileşiklerdir. 1930'lu yıllardan itibaren üretilmeye başlanmış ve 1977 yılında kullanımı yasaklanmıştır. PCB bileşikleri genellikle elektrik endüstrisinde yalıtıcı olarak herhangi bir yangını önlemek amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca optikal ve çözücü özelliklerinden dolayı karbon kağıdı olarak, taşıtların boyanmasında ve pestisit olarak da kullanım alanı bulmuştur. Çevredeki PCB'ler çözünmemektedir. 1960'lı yıllarda deniz kuşlarındaki DDT seviyeleriyle ilgilenen analitik kimyacılar, aynı zamanda bu hayvanlarda PCB'lerin de varlığını göstermişlerdir (5). Endüstrileşmiş ülkelerden elde edilen anne sütü örneklerinde PCB'lere sıklıkla rastlanmaktadır. Kullanılan metoda ve örneklerin elde edilme zamanlarına bağlı olarak anne sütü örneklerindeki ortalama PCB konsantrasyonunun 0.5-2 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir (4,5).

Poliklorine dibenzofuranlar ise (PCDF), PCB'nin 2 fenil halkası arasında 1 oksijen molekülünün okside olması ile oluşurlar. PCDF bileşiklerinin bazıları oldukça toksiktir. Poliklorin dibenzodioxin adı verilen halkalar arasındaki 2 oksijenli bileşikler de zararlıdır. Bu bileşikler heksaklorofen, pentaklorofenol ve fenoksasik asit herbisitler 2, 4, 5-T'nin işlenmesi esnasında oluşurlar (5).

New York şehrinde yapılan bir çalışmada Ontario gölünden tutulan balıkları yiyen kadınların sütlerindeki PCB miktarı diğer bölgelerden tutulan balıkları tüketen kadınların sütlerindeki miktarlardan önemli derecede yüksek bulunmuştur (3).

ABD'de doğumdan itibaren PCB'lere maruz kalmayı belirleyen 2 önemli çalışma bulunmaktadır; bu çalışmalardan biri Michigan'da 250 çocuk üzerinde, diğeri de Kuzey Caroline'de 750 çocuk üzerinde yapılmıştır. Bunların dışında 1990-1992 yılları arasında doğan 418 Alman çocuk üzerinde yapılmış çalışmalar da bulunmaktadır. Michigan çalışmasında annelerin kontamine balık tüketimi ile yenidoğanların tonüs anormallikleri (kasın veya organın kendine özgü gerginliği) arasında ilişki olduğu gösterilmiştir. Hollanda'da yapılan bir başka çalışmada spesifik PCB ve dioksinin maternal ve kordon serum konsantrasyonlarının yenidoğanın nörolojik bozukluklarıyla ilişkisi olmadığı, ancak annelerinin sütleriyle bu bileşikleri alan bebeklerde nörolojik bazı sorunların ortaya çıkabileceği bildirilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre de kimyasal bileşiklerin anne sütü ile alınmasının, çocuklar üzerine transplasental geçişten daha etkili olduğu belirlenmiştir (5).

PCB'lerin toksisitesiyle ilgili yapılan çalışmalar genellikle Japonya'da yoğunlaşmıştır. Kyushu şehrinde 1968 yılında işleme esnasında ısı ile yıkıma uğramış PCB'lerle kontamine olmuş pirinç yağlarını kullanan bireylerde epidemik olarak akne benzeri döküntüler, baş ağrısı, kusma ve diyare gözlenmiştir. PCB'ler ve benzeri bileşiklere maruz kalan 1700 kadar bireyde klorakneye benzeyen (klorlu maddelerle devamlı temas sonucu deri üzerinde oluşan sivilceye benzer küçük kabarcıklarla belirgin durum) ve "Yusho hastalığı (yağ hastalığı)" olarak adlandırılan, deriyi etkileyen bir hastalık ortaya çıkmıştır ve 20 birey ölmüştür. Bu bireylerin kan PCB konsantrasyonu 60 ppm, süt örneklerindeki PCB konsantrasyonu ise 10 ppm'den fazla bulunmuştur. Bu maddelere maruz kalma ile (2000-3000 ppm düzeyinde) hamile olan 13 kadından birinin çocuğu ölü doğmuş ve yaygın şekilde pigmente bir görünüm almıştır (kola renkli bebek). Canlı doğan bebeklerden bazıları küçük, hiperbilirubinemik ve pigmente görünüm almıştır. Ayrıca bu çocuklarda göz kapağının yağ bezelerinin genişlemesi ile konjunktival şişme gözlenmiştir. Bu çocukların 9 yıllık izlemi sonucunda çocuklarda apati (çevreye karşı ilgisizlik), letarji (şuur uyuşukluğunun eşlik ettiği hareketsizlik hali) ve bazı hafif nörolojik bulgular ortaya çıkmıştır. Yaşamın 4. yılında ise birçok çocukta büyüme ve gelişme geriliği gösterilmiştir. Yusho'lu çocukların annelerinin sütlerinde ve bu sütlerle

beslenen bebeklerin serumlarında PCB düzeyi yüksek bulunmuştur. Tayvan'da 1979 yılında kontamine olmuş yemek yağı tüketen 200'den fazla okul çocuğunda akne ortaya çıkmıştır ve bu çocukların serum PCB seviyeleri kontrol grubundan 10-20 kat daha fazla, PCDF seviyelerinin ise kontrollerden 10^5 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu çocukların 117'si 1985 yılında tekrar değerlendirilmiş ve bu çocuklarda ektodermal defektlerin (aşırı pigmentasyon, diş çürükleri, zayıf tırnakların oluşumu ve kısa boy) ve gelişim bozukluğunun (IQ'larında 5-8 puan azalma) olduğu gösterilmiştir. Özellikle 1979 yılından 1985 yılına kadar olan sürede doğan çocuklarda gelişme geriliğinin daha ciddi olduğu saptanmıştır. Bu çocuklarda gözlenen sorunların birçoğu yaşamın erken dönemlerinde kontamine olmuş anne sütüne maruz kalmalarıyla ortaya çıktığı söylenebilir de, sorunların birçoğunun asıl nedeni, daha fetus döneminde iken transplasental geçiş ile kimyasallara maruz kalmaları olduğu söylenebilir (3-5,10,11).

Finlandiya'nın güney ve doğu bölgelerinde 167 anne sütü örneğinde yapılan bir çalışmada 17 adet toksik 2, 3, 7, 8-klorine dibenzo-p-dioksin ve dibenzofuran (PCDD/F) ve 36 adet PCB bileşiği analiz edilmiştir. Güney Finlandiya'daki anne sütü örneklerindeki PCDD/F ve PCB düzeyleri Doğu Finlandiya'daki düzeylerden %25 daha fazla bulunmuştur. Finlandiya'nın genelindeki anne sütlerindeki PCDD/F ve PCB seviyeleri İsveç'teki değerlere benzer iken, Orta Avrupa'daki sütlerden %30-35 daha düşük, Norveç veya Rusya'daki değerlerden %45 daha yüksektir. Güney Finlandiya'daki sütlerdeki PCB konsantrasyonu Hollanda ile benzer, Doğu Finlandiya'daki konsantrasyonlar ise Norveç ile benzer bulunmuştur. Sütteki PCDD/F ve PCB bileşiklerinin düzeyi çocuk sayısı arttıkça düşmüştür. Ailenin 3. çocuğunun, 1. çocuğa göre PCDD/F ve PCB bileşiklerine %70 oranında, 8-10. çocukların ise PCDD/F ve PCB bileşiklerine %20 oranında maruz kaldıkları belirlenmiştir. PCDD/F ve PCB bileşiklerinin insanlar için temel kaynağı besinlerdir. Finlandiya'da et, süt ve süt ürünlerinde PCDD/F bileşikleri bulunmazken, yumurta bu maddeleri çok az miktarlarda içerebilmektedir. Baltık Denizi PCDD/F ve PCB'ler ile kontamine olduğundan, bu bölge için bu bileşiklerin temel kaynağı su ürünleridir. PCB konsantrasyonu Finlandiya'da tüketilen besinlerde oldukça düşüktür (biftek: 32 $\mu\text{g}/\text{kg}$ yağ, domuz eti: 11 $\mu\text{g}/\text{kg}$ yağ, tavuk: 9 $\mu\text{g}/\text{kg}$ yağ, yumurta: 29 $\mu\text{g}/\text{kg}$ yağ ve süt: 0.21 $\mu\text{g}/\text{kg}$ yağ), ancak Baltık Denizi'nden tutulan balıklarda yüksektir (12).

Bir çalışmada 1973-1974 yılları arasında toplanan 1600 tam süt örneğinin 80'inde ortalama PCB miktarı 1.7 ppm, 16 örnekte 2.5 ppm bulunmuştur ve süt yağındaki değerler daha yüksek olarak belirlenmiştir. PCB'ler için ulusal tolerans limiti 2.5 ppm'dir. Bir başka çalışmada 2.5 ppm PCB karışımı ile beslenen maymunlarının bebeklerinde düşük doğum ağırlığı gözlenmiştir. Anne sütüyle besleme sonucunda deri değişiklikleri belirlenmiştir (Yusho'lu bebeklerdeki bulgulara benzer). Gelişime ait testlerde anormallik ve erken mortalitede artış saptanmıştır. Süt veren maymunların sütleri 0.15-0.40 ppm PCB içermektedir (3).

Polibromine bifeniller (PBB): Michigan Kimyasallar Şirketi 1973 yılında benzer isimde ve pakette 2 bileşiği piyasaya sürmüştür. Bu bileşikler, süt veren inekler için magnezyum oksit supplementi (nutrimaster) ve alev söndürücü olarak kullanılan PBB karışımıdır (firemaster). Bu bileşiklerin taşınması esnasında bir kaza olmuş ve bilinmeyen miktarda PBB yemlerle karışmıştır. Bu yemleri tüketen ineklerde toksik bir sendrom gelişmiştir. Bu yemlerle beslenen inekler, domuzlar ve tavuklar marketlerde satılmış ve insanlar tarafından tüketilmiştir. Sonraki birkaç yıl süresinde canlı olan ve bu bileşikleri taşıdığına inanılan binlerce hayvan kesilerek karantinaya alınmıştır. Kontamine olmuş etlerin ve süt ürünlerinin çok küçük bir kısmı eyalet dışına çıkmıştır. Bununla birlikte çiftçi aileler hem kendi ürünlerini tüketerek, hem de kontamine olmuş ürünleri satın alarak bu kimyasallara maruz kalmışlardır (5). Michigan'da yaşayan bireylerin büyük bir çoğunluğunun vücut dokularında önemli miktarlarda PBB'lere rastlanmıştır. Michigan'da 1976 yılında 2 bölgeden elde edilen 53 süt örneğinin %96'sındaki ve 12 süt örneğinin %43'ündeki PBB miktarlarının 0.01-1.2 ppm arasında değiştiği bulunmuştur. Mayıs 1976 ve Aralık 1978 tarihleri arasında toplanan 2986 süt örneğinin %88'inde önemli miktarlarda PBB saptanmıştır. Süt yağındaki maksimum değer 2 ppm, ortalama değer 0.1 ppm ve median değer ise 0.06 ppm olarak belirlenmiştir. Yirmibir kadının ortalama süt/serum PBB oranları 122/1 iken, adipoz doku/serum PBB oranları 362/1 bulunmuştur. Çiftçi ailelerden doğan bebeklerde önemli aşırı malformasyonlar rapor edilmemiştir ve çocukluk dönemindeki morbidite ile herhangi bir sendrom arasında ilişki gösterilmemiştir. Çiftçi ailelerin çocukları PBB seviyelerine göre sıralandığında psikomotor gelişimleri de medianın üzerinde bulunmuştur. Bu bölgedeki çocukların gelişimleri etkilenmemiş gibi görünmesine rağmen, uzun dönem çalışmaların yapılması gerekmektedir (4,5).

Poliklorine Terfeniller (PCT)

Bu bileşiklerin kimyasal ve biyolojik özellikleri PCB'lere benzemektedir. Anne sütü örneklerinde PCT kalıntılarında sadece Japonya'da rastlanmıştır. Anne sütü yağındaki ortalama PCT düzeyi yaklaşık 0.02 ppm'dir ve bu örneklerdeki PCB miktarlarının yaklaşık 1/60'ı kadardır. Süt yağındaki PCT miktarları adipoz dokudaki miktarlardan daha düşük bulunmuştur. Kanada'da yapılan çalışmalarda süt örneklerinde PCT kalıntılarında rastlanmamıştır. Avrupa'daki anne sütü örneklerinde PCT düzeyleri ile herhangi bir çalışma bulunmazken, Hollanda'da yapılan bir çalışmada 2 adipoz doku örneğinde 0.5 ve 0.8 ppm düzeylerinde PCT saptanmıştır (4).

2, 3, 7, 8-Tetraklorodibenzo-P-Dioksin (TCDD)

İtalya'nın Seveso Bölgesi'nde 1975 yılında kimyasal bir patlama olmuş ve kilolarca dioksin serbest kalmıştır. Kazadan sonra bu bölgede 26 doğum olmuştur. Analiz edilen 3 anne sütü örneğindeki TCDD miktarı normalin 200-600 kat üzerine çıkmıştır. Maruz kalan annelerin sütleriyle beslenen çocukların izlemiyle ilgili uzunlamasına herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Bu kazadan sonra bu çevrede yaşayan kişilerin çocuklarındaki yüksek serum TCDD seviyesi anne sütüyle beslenmeden dolayı değil, çocukların doğrudan bu kimyasala maruz kalmalarıyla ilişkili kaydedilmiştir. TCDD ile kontamine olmuş herbisitlere maruz kalan Vietnamlı askerlerin çocuklarında açık bir malformasyon gösterilememiştir. Vietnam Savaşı esnasında bu kimyasal ile temas etmiş bölgelerde yaşayan Vietnamlı annelerin sütlerinde TCDD miktarı 40-50 ppt (yaklaşık 1600-2000 ppt/yağ) kadar yüksek bulunmuş ve eskisiyle kıyaslandığında artışın 800-1000 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu kimyasal ile ilgili kısa toksisite raporları vardır, herhangi sistematik bir çalışma rapor edilmemiştir (5).

DDT ve DDE

DDT, 1940'lı yıllarda savaş zamanı tifosunu engellemesi bakımından ve tarım ilacı olarak keşfedilmesinden itibaren tüm dünyada kabul görmüş, popülerite kazanmış ve 1970'li yıllara kadar yaygın bir şekilde kullanılmıştır. DDT pestisitinin kullanımı ABD'de ve birçok endüstrileşmiş ülkede 1970'li yıllarda yasaklanmıştır. Ancak bu kimyasallar özellikle de gelişmekte olan ülkelerde bazı haşerelerin kontrolünde kullanıldığı için halen çevrede yaygın olarak bulunmaktadır (13,14). DDT bileşikleri biyolojik olarak kalıcı bileşikleridir (13). Bu nedenle kesinlikle DDT kullanmayan ülkelerde yaşayan hayvanların dokula-

rında bile bu kimyasala rastlanmıştır (3). Bu bileşiklerin lipofilitelerinin yüksek ve biyoyıkıma duyarlı olmalarından dolayı, organizmada adipoz dokuda birikmektedir. İnsanlar birçok besin zincirinin tepesinde oldukları için de bu bileşikler adipoz dokularında, kan lipidlerinde ve anne sütü lipidlerinde yüksek miktarlarda bulunmaktadır (14). Anne sütündeki konsantrasyonu, inek sütündeki konsantrasyonundan önemli derecede daha fazladır (3). Tüm dünyada son 40 yılda yapılan çalışmalarda DDT ailesinin bazı üyelerine anne sütü lipidlerinde rastlanmıştır (5). Anne sütünde ölçülen DDT düzeyi DSÖ tarafından inek sütleri için belirlenen maksimum seviyeden 50 kat daha yüksektir. Anne sütündeki DDT seviyesi maternal yaş, postpartum kaçınıcı gün olduğu, ön süt ya da geçiş sütü olup olmadığı, diyetin bileşimi ve pestisitlere maruz kalma durumundan etkilenmektedir. Anne tarafından bu pestisit yüksek miktarlarda alınması fetusta plasental transfer ile bu lipofilik bileşiklerin birikmesine ve kordon kanı lipidlerinde yüksek miktarlarda bulunmasına neden olmaktadır. Bebekler bu bileşiklere postnatal dönemde anne sütü ile, ek besinlere başlama döneminde ise bebeklere verilen su ve yağ oranı yüksek besinler ile maruz kalırlar. Uzun dönem veya akut olarak çeşitli toksik ajanlara maruz kalan çocuklarda morbidite ve mortalite oranlarının yüksek olduğu bildirilmiştir (3).

DDT ailesinin üyelerinden bazıları östrojenik veya antiandrojenik iken, bazıları karışım işlevli oksidaz (Mixed Function Oxidase) enzim sistemini aktive etmektedir (13). Östrojen dengesizliği sonucunda da kümes hayvanlarında yumurta kabuğunun kolay kırılması artmakta ve sağlam civciv oluşması azalmaktadır (5). DDT'nin çevrede bulunması ile vücutta birikmesi sonucunda bazı kanserlerin oluşumu kolaylaşmakta ve üremede bazı sorunlar ortaya çıkmaktadır (13).

Çeşitli organizmalarda DDT, daha stabil ve kalıcı bir bileşik olan DDE (diklorodifenil dikloretilen)'ye dönüşmektedir. Özellikle endüstrileşmiş ülkelerde yaşayan insanlar DDE'yi vücutlarına yağlı besinlerden ve balıktan almaktadır (14-16). Kanada'da (Quebec) 1988-1990 yılları arasında 536 kadından alınan süt örneğinde DDE analizi yapılmış ve 0.34 mg/kg yağ düzeyinde bulunmuştur. Vücut yağındaki DDE konsantrasyonu yaşla artmıştır, çünkü bu kimyasalın biyolojik yarılanma ömrü oldukça uzundur. Bu çalışmada kontamine olmuş balıkların tüketiminin anne sütündeki DDE konsantrasyonunu etkilediği gösterilmiştir. Anne sütü yağındaki DDE konsantrasyonu ile alkol tüketimi arasında da bir korelasyon bulunmuştur. Alkol ile DDE konsantrasyonu arasındaki

ilişki tam olarak açıklanamamakla birlikte, alkol alımının kronik karaciğer hasarını başlatabileceği ve böylece karaciğerde bu kimyasalların biyotransformasyon oranını düşürebileceği bildirilmiştir. Ayrıca alkol alımı DDE gibi organoklorinlerin gastrointestinal sıvılarda çözünürlüğünü arttırmakta dolayısıyla emilimini kolaylaştırmaktadır (14).

DDE bileşiğine kronik olarak maruz kalma sonucunda göğüs kanseri riski artmaktadır. Yapılan çalışmalarda göğüs kanseri riski ile göğüs adipoz dokusundaki ve plazma lipidlerindeki DDE konsantrasyonu arasında önemli pozitif ilişkiler kaydedilmiştir (14).

Kuzey Caroline'de yapılan bir çalışmada DDE'ye maruz kalma ile çocuklarda herhangi bir nörolojik veya gelişimsel anormallik gözlenmemiştir. Sadece DDE'ye bağlı olarak kadınların laktasyon performanslarında değişiklikler bildirilmiştir. Daha fazla süt salgılayan kadınların sütlerindeki DDE seviyesi,

daha düşük miktarlarda süt salgılayan kadınlara göre %40 daha az bulunmuştur ve bulgu çocuklarda herhangi bir hastalık artışına neden olmamıştır. Meksika'da 230 kadın üzerinde yapılan benzer bir çalışmada sütlerindeki DDE seviyeleri yüksek olan kadınların laktasyon sürelerinin daha kısa olduğu (en azından ikinci ve daha sonraki çocukları için salgıladıkları sütlerin miktarı bakımından) saptanmıştır. Bunun nedeni DDE'nin östrojenitesi ile ilişkilidir. Prolaktin, hamilelik süresince yüksek olan östrojen tarafından periferal olarak inhibe edilir. Normalde laktasyon doğum sonrası östrojenin seviyesinin çok düşük olmasıyla başlar. Hatta çok düşük doz kontraseptif olan östrojen süt üretimine de engel olabilir (5).

Tüm dünyada 5 bölgede anne sütündeki total DDT miktarları ($\mu\text{g}/\text{kg}$ total süt yağı) ile ilgili olarak yapılan çalışmaların yapıldıkları yıl, kaç örnek üzerinde ve hangi araştırmacılar tarafından yapıldıkları Tablo 1'de özetlenmiştir (2,8,13,17-24).

Tablo 1. Anne Sütündeki Total DDT Miktarı ($\mu\text{g}/\text{kg}$ Total Süt Yağı) ile Yapılan Çalışmaların Sonuçları

Yer	Yıl	Total DDT ($\mu\text{g}/\text{kg}$ Total Süt Yağı)	Örnek Sayısı	Referans (2,8,13,17-24)
ABD/Kanada				
Columbia	1950	5.200	32	Laug ve ark. (13)
Chicago	1961	5.300	4	Quinby ve ark. (13)
Washington	1961	3.300	5	Quinby ve ark. (13)
California	1962	7.400	7	West (13)
ABD, 1 şehir	1967	2.800	5	Curley ve Kimbrough (13)
Kanada	1968	5.500	147	Ritcey ve ark. (13)
Kanada	1970	2.960	90	Mes ve ark. (13)
Pensylvania	1970	2.400	53	Kroger (13)
ABD, 7 şehir	1971	6.800	101	Wilson ve ark. (13)
Arizona	1973	11.900	6	Hagyard ve ark. (13)
St Louis	1973	880	51	Johnson ve ark. (13)
Mississippi	1974	2.360	6	Barnett ve ark. (13)
New Brunswick	1974	3.570	6	Musial ve ark. (13)
Nova Scotia	1974	2.410	9	Musial ve ark. (13)
ABD, Güney	1974	13.760	57	Strassman ve Kutz (13)
Pensylvania	1975	4.560	42	Bradt ve Herrenkohl (13)
ABD, Kuzeydoğu	1976	2.300	149	Savage ve ark. (13)
ABD, Güneybatı	1976	6.000	388	Savage ve ark. (13)
Kanada	1978	1.087	154	Dillon ve ark. (13)
Kanada	1978	1.870	100	Mes ve Davies (13)
N Carolina	1980	2.500	734	Rogan ve ark. (13)
Kanada	1982	990	210	Mes ve ark. (13)
Kanada	1983	1.200	21	Mes ve ark. (13)
Kanada	1986	800	**	Conacher ve Mes (17)

Tablo 1. Anne Sütündeki Total DDT Miktarı ($\mu\text{g}/\text{kg}$ Total Süt Yağı) ile Yapılan Çalışmaların Sonuçları (Devamı)

Yer	Yıl	Total DDT ($\mu\text{g}/\text{kg}$ Total Süt Yağı)	Örnek Sayısı	Referans (2,8,13,17-24)
Ontario	1984	1.200	16	Mes ve ark. (13)
Arkansas	1986	990	942	Mattison ve ark. (13)
Kanada	1986	385	412	Mes ve ark. (13)
New York	1989	550	8	Shechter ve ark. (13)
Quebec	1989	340	536	Dewailly ve ark. (13)
Batı Avrupa				
İngiltere	1963	5.040	19	Egan ve ark. (13)
Belçika	1969	4.800	20	Siyali (13)
Norveç	1970	3.270	42	Brevik ve Bjerk (13)
Portekiz	1972	7.776	10	Graca ve ark. (13)
İsveç	1972	2.930	75	Noren ve ark. (13)
Finlandiya	1974	1.570	49	Vuori ve ark. (13)
Finlandiya	1974	2.320	-	Wickstrom ve ark. (13)
Norveç	1975	3.270	50	Bakken ve Seip (13)
İtalya	1976	3.840	61	Dommarco ve ark. (13)
Norveç	1976	1.758	44	Brevik ve Bjerk (13)
İsveç	1976	1.840	153	Noren ve ark. (13)
Hollanda	1979	1.230	15	Eckenhausen ve ark. (13)
Norveç	1979	1.404	133	Skaare (13)
İspanya	1979	7.200	45	Hernandez ve ark. (13)
İsveç	1979	1.500	41	Hofvander ve ark. (13)
Almanya	1980	2.040	836	Somogyi ve Beck (13)
Almanya	1980	1.840	1873	Somogyi ve Beck (13)
İngiltere	1980	1.710	102	Collins ve ark. (13)
İsveç	1980	1.240	199	Noren ve ark. (13)
İspanya	1981	10.240	20	Baluja ve ark. (13)
İsveç	1981	1.060	46	Vaz ve ark. (13)
Finlandiya	1982	890	50	Wickstrom ve ark. (13)
Norveç	1982	1.000	14	Skaare ve Polder (13)
Norveç	1982	910	34	Skaare ve ark. (13)
İsveç	1983	1.220	-	Mes ve ark. (13)
Almanya	1984	978	144	Furst ve ark. (13)
Almanya	1984	1.380	-	Mes ve ark. (13)
İtalya	1984	1.880	65	Dommarco ve ark. (13)
Finlandiya	1985	570	165	Mussalo-Rauhamaa ve ark. (13)
Almanya	1985	922	220	Furst ve ark. (13)
İtalya	1985	2.200	93	Di Muccio ve ark. (13)
İsveç	1985	561	102	Noren ve ark. (13)
Almanya	1986	771	157	Furst ve ark. (13)
Almanya	1987	806	144	Furst ve ark. (13)
Almanya	1988	675	196	Furst ve ark. (13)
Almanya	1989	703	145	Furst ve ark. (13)
Almanya	1989	800	167	Shechter ve ark. (13)

Tablo 1. Anne Sütündeki Total DDT Miktarı ($\mu\text{g}/\text{kg}$ Total Süt Yağı) ile Yapılan Çalışmaların Sonuçları (Devamı)

Yer	Yıl	Total DDT ($\mu\text{g}/\text{kg}$ Total Süt Yağı)	Örnek Sayısı	Referans (2,8,13,17-24)
Almanya	1990	561	286	Furst ve ark. (13)
İsveç	1990	320	13	Vaz ve ark. (13)
İsveç	1990	421	40	Noren ve ark. (13)
Fransa	1991	2.283	20	Bordet ve ark. (13)
Almanya	1991	531	113	Furst ve ark. (13)
Norveç	1991	338	28	Johansen ve ark. (13)
İspanya	1991	660	51	Hernandez ve ark. (13)
İsveç	1991	296	40	Noren ve ark. (13)
Wales	1991	490	115	Duarte-Davidson ve ark. (13)
İsveç	1992	283	20	Noren ve ark. (13)
Doğu Avrupa				
Polonya	1970	11.500	32	Sikorski ve ark. (13)
Yugoslavya (Slovenya)	1973	3.850	14	Krauthacker ve ark. (13)
Çekoslavakya	1974	7.300	-	Prachar ve ark. (13)
Yugoslavya (Croatia)	1976	1.790	27	Krauthacker ve ark. (13)
Yugoslavya (Croatia)	1978	1.360	34	Krauthacker ve ark. (13)
Polonya	1980	6.800	106	Sikorski ve ark. (13)
Polonya	1987	4.600	54	Sikorski ve ark. (13)
Yugoslavya (ada)	1987	1.080	33	Krauthacker (13)
Türkiye	1988	2.800	51	Üstünbaş ve ark. (13)
Yugoslavya (kırsal)	1989	550	20	Krauthacker (13)
Çekoslavakya	1993	1.845	26	Prachar ve ark. (13)
Polonya	1996	1.072	108	Czaja ve ark. (18)
Türkiye	1996	2 357	104	Çok ve ark. (19)
Asya/Orta Doğu				
İsrail	1975	5.774	29	Polishuk ve ark. (13)
Hong Kong	1976	18.870	21	Ip ve Phillips (13)
Japonya	1977	1.938	30	Nakayama ve Aoki (13)
İran, Tebriz	1977	2.880	131	Hashemy ve Fateminasşab (20)
Hindistan	1980	4.800	25	Siddiqui ve ark. (13)
Hindistan	1982	6.060	50	Jani ve ark. (13)
Hindistan	1984	7.900	6	Ramakrishnan ve ark. (13)
Hindistan	1984	1.890	6	Ramakrishnan ve ark. (13)
Hindistan	1984	4.750	6	Ramakrishnan ve ark. (13)
Hindistan	1984	8.000	6	Ramakrishnan ve ark. (13)
İsrail	1984	2.720	100	Weisenberg ve ark. (13)
Hong Kong	1985	13.800	25	Ip ve Phillips (13)
Hindistan	1988	1.200	25	Tanabe ve ark. (13)
Hindistan	1989	3.740	20	Nair ve Pillai (13)
Tacikistan	1989	2.600	43	Lederman (13)
Tayland	1989	4.340	3	Shechter ve ark. (13)
Türkmenistan	1989	1.300	24	Lederman (13)
Vietnam	1989	11.400	12	Shechter ve ark. (13)

Tablo 1. Anne Sütündeki Total DDT Miktarı ($\mu\text{g}/\text{kg}$ Total Süt Yağı) ile Yapılan Çalışmaların Sonuçları (Devamı)

Yer	Yıl	Total DDT ($\mu\text{g}/\text{kg}$ Total Süt Yağı)	Örnek Sayısı	Referans (2,8,13,17-24)
Ürdün	1990	6.420	15	Alawi ve ark. (13)
İran, Tebriz	1991	2.199	40	Çok ve ark. (20)
Kazakistan	1994	2.260	76	Hooper ve ark. (8)
Latin Amerika				
Guatemala şehri	1971	19.200	15	de Campos ve Olszyna-Marzys (13)
Guatemala, kırsal	1971	76.800	46	de Campos ve Olszyna-Marzys (13)
El Salvador	1974	32.640	40	de Campos ve Olszyna-Marzys (13)
Guatemala	1974	15.120	290	Winter ve ark. (13)
Meksika	1976	13.180	15	Albert ve ark. (13)
Brezilya	1984	1.000	30	Matuo ve ark. (13)
Brezilya, kırsal	1989	770	21	Sant' Ana ve ark. (13)
Brezilya, kentsel	1989	1.800	21	Sant' Ana ve ark. (13)
Meksika, kırsal	1989	6.250	229	Gladden ve Rogan (13)
Meksika	1995	6.440	43	Waliszewski ve ark. (13)
Meksika şehri	1995	594	-	Lopez-Carrillo ve ark. (13)
Venezuela, San Felipe	1996	11.08 *	13	Brunetto ve ark. (21)
Meksika	1997	4.696	60	Waliszewski ve ark. (22)
Diğer Bölgeler				
Avustralya, kırsal	1970	4.630	36	Newton ve Greene (13)
Avustralya, kentsel	1970	3.730	26	Newton ve Greene (13)
Avustralya, kırsal	1971	16.900	20	Miller ve Fox (13)
Avustralya, kentsel	1971	2.660	23	Stacey ve Thomas (13)
Avustralya, kentsel	1971	8.600	20	Miller ve Fox (13)
Avustralya	1972	2.560	45	Siyalli (13)
Avustralya, batı	1974	3.600	30	Stevens ve ark. (2)
Avustralya, batı	1978	2.000	18	Stevens ve ark. (2)
Avustralya, kırsal	1979	1.281	95	Stacey ve ark. (13)
Avustralya, kentsel	1979	1.277	45	Stacey ve ark. (13)
Avustralya	1980	1.680	14	Stacey ve Tatum (13)
Avustralya, batı	1980	1.200	18	Stevens ve ark. (2)
Avustralya, batı	1982	1.100	19	Stevens ve ark. (2)
Kenya	1986	4.800	8	Kanja ve ark. (13)
Güney Afrika	1987	690	88	Bouwman ve ark. (13)
Güney Afrika	1987	15.830	129	Bouwman ve ark. (13)
Yeni Zelanda, kuzey	1988	1.100	21	Bates ve ark. (13)
Yeni Zelanda, güney	1988	3.000	17	Bates ve ark. (13)
Papua Yeni Gine	1990	890	41	Spicer ve Kereu (13)
Zimbabve	1990	6.000	40	Chikuni ve ark. (13)
Avustralya, batı	1990	360	137	Stevens ve ark. (2)
Avustralya, batı	1991	800	128	Stevens ve ark. (2)
Kenya	1991	473	216	Kinyamu ve ark. (13)
Uganda	1993	3.240	143	Ejobi ve ark. (23)
Swaziland	1995	1.130	103	Okonkwo ve ark. (24)

* $\mu\text{g}/\text{L}$

** Bilinmiyor

DDT seviyesinin 1970 yılından önce yapılan çalışmalarda elde edilen raporlarda, 2000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ total süt yağının üzerinde olduğu bildirilmiştir. Amerika ve Kanada'dan elde edilen veriler doğrultusunda ortalama yaklaşık 4000-5000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ total süt yağı olan DDT seviyesinin yıllar geçtikçe azaldığı söylenebilir. Çalışmalara katılan kadınların yaşlarının, doğum sayılarının ve laktasyon sürelerinin de sütlerindeki DDT seviyesini etkileyebileceği unutulmamalıdır (13).

DSÖ'nün önerdiği gibi ülkelerin birçoğunda DDT kullanımı yasaklanmıştır, ancak tropikal ülkelerin birçoğunda DDT, sıtma veya diğer hastalık etmenlerini taşıyan herhangi bir hayvan aracılığıyla bulaşan hastalıkların kontrolü ve önlenmesinde kullanılmaktadır. Örneğin, Meksika'da DDT'nin tarım ilacı olarak kullanımı yasaklanmıştır, ancak sıtma vektörü ile mücadelede antimalaryal olarak kullanımı önerilmektedir ve böylece Meksika'da kullanılan DDT miktarı (ton/yıl) birçok Latin Amerika Ülkesi'nden daha fazla miktarlara ulaşmaktadır. Önümüzdeki 5 yıl içerisinde Meksika DDT kullanımını %80 azaltmayı planlamaktadır (8,13,25).

DDT kullanımının yasaklanmasından itibaren yapılan çalışmalarda anne sütündeki DDT miktarının giderek azalmasına dayanarak DDT'nin yarılanma öm-

rünün 4.2-5.6 yıl arasında değiştiği hesaplanmıştır. DSÖ'nün 1984 yılında DDT için belirlediği "Acceptable Daily Intake (ADI)" değeri 20 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{gün}$ 'dür. Bebeklerin süt yağı ile aldıkları DDT miktarı, vücut kitlelerine, ADI değerlerine göre şu formülle hesaplanmaktadır (13):

$$\text{DDT konsantrasyonu} = \frac{\text{ADI } (\mu\text{g}/\text{kg}/\text{gün})}{\frac{\text{kg süt/gün} \times \text{sütteki yağ oranı} \times \text{çocuğun ağırlığı (kg)}}$$

Yukarıda bahsedilen çalışmalarda günlük süt alımı: 0.8 kg/gün-0.85 kg/gün, bebeklerin ağırlıkları 5-7 kg ve sütteki yağ oranı 0.025 olarak bildirilmiştir. ADI değerini de 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ olarak alındığında, bu çalışmalarda süt yağındaki kabul edilebilir DDT seviyesinin 5000-6000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ değerlerinde olduğu hesaplanabilir (13). Çeşitli ülkelerde yapılmış çalışmalardan elde edilen veriler doğrultusunda anne sütündeki ortalama organoklorin pestisit kalıntılarının miktarları Tablo 2'de görülmektedir (26).

Siklodienler

Siklodien pestisitler 1940'lı yılların sonlarında tarımda kullanılmaya başlanmıştır, ancak 1970'li yılların ortalarında kullanımı sınırlandırılmıştır ve 1988 yı-

Tablo 2. Çeşitli Ülkelerde Anne Sütündeki Ortalama Organoklorin Pestisit Kalıntı Miktarları ($\mu\text{g}/\text{kg}$ Tam Süt)

Ülke (Şehir)	Yıl	Lindan	DDE	DDT	Referans
Brezilya (Sao Paulo)	1985	Eser	30.00	119.00	Matuo ve ark.
Kanada*	1987	0.21	29.22	2.45	Dewailly ve ark.
Mısır (20)	1993	8.42	21.37	2.93	Saleh ve ark.
Almanya (Westfalia)	1987	0.77	26.18	2.13	Schechter ve ark.
Yunanistan*	1983	0.39	**	1.22	Fytianos ve ark.
Hong Kong	1989	1.71	332.59	61.84	Ip ve Phillips
Hindistan*	1986	**	254.80	55.89	Zaidi ve ark.
Hindistan*	1988	1.65	44.27	8.75	Tanabe ve ark.
İsrail (Jerusalem)	1985	1.14	79.00	8.46	Weisenberg ve ark.
İtalya*	1985	-	1.40	0.25	Dommarco ve ark.
Ürdün (Amman)	1992	6.78	60.18	13.27	Alawi ve ark.
Polonya*	1987	1.75	173.25	16.10	Sitarska ve ark.
İspanya (Madrid)	1991	0.30	18.70	0.40	Hernandez ve ark.
İspanya	1982	19.00	170.00	83.00	Baluja ve ark.
Tayland (Bangkok)	1987	0.11	126.35	25.58	Schechter ve ark.
Türkiye*	1987	0.35	161.21	22.80	Karakaya ve ark.
ABD (New York)	1987	0.07	18.39	0.78	Schechter ve ark.
Vietnam (Ho Chi Minh)	1987	0.99	288.10	202.10	Schechter ve ark.

* Hesaplamalar %3.5 yağ içeriğine dayanılarak yapılmıştır.

** Bilinmiyor

ında ABD'de kullanımı yasaklanmıştır (5). Heptaklor, klordan ve metabolitleri (heptaklor epoksit, oksiklordan, trans-nonaklor) siklodien pestisit grubu içerisinde yer almaktadır (4).

ABD'de yapılan çalışmalarda anne sütü örneklerinin %25-100'ünün 0.035-0.13 ppm düzeylerinde heptaklor ve heptaklor epoksit içerdiği bulunmuştur. Heptaklorun tarımda kullanımı ile Hawaii ve Arkansas'ta 2 önemli kaza meydana gelmiştir. Ocak 1982'de Hawaii'de inek sütlerinin rutin analizi esnasında heptaklorun stabil bir metaboliti olan heptaklor epoksit miktarının arttığı görülmüştür. Kontaminasyonun ineklerin yedikleri ananas yaprakları aracılığıyla olduğu belirlenmiştir. Hawaii'de 1979-1980 yılları arasında analiz edilen anne sütlerindeki heptaklor epoksit miktarı 0.035 ppm iken, kontaminasyondan sonra bu miktar 0.1 ppm'e yaklaşık 3 kat artmıştır. Ancak Hawaii'deki sütlerde artan bu heptaklor epoksit miktarı morbiditeyi herhangi bir şekilde etkilememiştir. Kontamine olmuş sütlerin satılması ile 1989-1990 yılları arasında Hawaii adasına komşu olan Oahu'daki anne sütlerinde ve bu sütlerle beslenen bebeklerin serumlarında heptaklor epoksit miktarı artmıştır. Arkansas'ta da 1986 yılında inek sütleri, ineklerin fermente olmuş yemleri yemesi nedeniyle kontamine olmuştur. Bu dönemde toplanan ve kontamine olduğu düşünülen 942 anne sütü örneğinin %5'inde heptaklor (ortalama: 0.03 ppm) ve %74'ünde heptaklor epoksit (ortalama: 0.06 ppm) bulunmuştur. Örneklerin %2'sinin cis-klordan (ortalama: 0.15 ppm), %77'sinin trans-nonaklor ve %84'ünün oksiklordan (ortalama: 0.06 ppm) içerdiği bildirilmiştir (4,5).

1970 yılında ısıtma borularına yanlışlıkla enjekte edilen klordanın, ısıtma işlemi esnasında havaya karışarak kontaminasyona neden olduğu bildirilmiştir. Havanın kontamine olmasıyla anne sütlerindeki klordan miktarlarında önemli derecede artışlar gösterilmiştir. Ancak bu kontaminasyon morbiditeyi herhangi bir şekilde etkilememiştir (5).

Heksaklorobenzen (HCB)

DDT'ye ek olarak diğer 2 grup organoklorin pestisitler: Heksaklorobenzen (HCB) ve benzen heksakloridler (BHCs)'dir (2). HCB, metabolitleri ve benzer bileşiklere anne sütünde sıklıkla rastlanmaktadır (5). HCB'ler porfirin metabolizmasını bozmaktadır. Uluslararası Kanseri Araştırma Bürosu HCB'leri hayvanlarda, karsinogen ve teratojen olarak sınıflandırmıştır. HCB'lere maruz kalma ile insanlarda karaciğer tümörleri gelişebilmektedir (2,27). Kalıcı olması ve yağda çözünmesinden dolayı HCB bileşikleri adi-

poz doku örneklerinde ve anne sütü yağında birikmektedir. Anne sütü ile vücutlarına yüksek miktarlarda HCB alan bazı bebeklerde ölüme neden olmuştur (4). Balığı sıklıkla tüketen bireylerdeki benzen heksaklorid miktarı sebze ve meyve ağırlıklı beslenen bireylerdeki miktarlardan önemli derecede daha yüksektir. Bireyin kendi içerisinde de farklı zamanlarda benzen heksaklorid miktarı farklı bulunmuştur. Mesela, bir kadından elde edilen 4 süt örneğinde benzen heksaklorid miktarı başlangıçta 10 ppb iken, sonra 3.8 ppb'ye düşmüş ve sonra 5.9 yükselmiştir. Bu veriler de anne sütünde tek ölçümün yapılmasının kişinin maruz kaldığı benzen heksaklorid miktarı hakkında yeterli bilgi vermediğini göstermektedir (3).

Fungusit HCB Avustralya'da 1972 yılından önce yaygın olarak kullanılan kalıcı bir organoklorin pestisittir. HCB, ABD'de 1972-1975 yılları arasında tohumları korumak amacıyla kullanılmaya başlanmıştır (2,13,27).

Diyarbakır'da 1956 yılında fungusit HCB uygulanmış buğday tanesi tüketiminden sonra çocuk ve hamile kadınlarda ciddi porfiri (vücutta aşırı porfirin oluşması, kanda, idrar ve dışkıda aşırı porfirin bulunması ile belirgin kalıtsal metabolik hastalık) gelişmiştir. Porfiri ayrıca anne sütüyle beslenen bebeklerde de gözlenmiştir. Sütteki benzen heksaklorid miktarının genel olarak diyetle etkilendiği bulunmuştur. Bu dönemde yaklaşık 3000 olgu rapor edilmiştir ve hükümet 1959 yılından itibaren de buğday tohumlarında HCB kullanımını yasaklamıştır. Hastalık nöbetleri en sık 5-15 yaş arasındaki çocuklarda gözlenmiştir. Hastalarda ışığa duyarlılık, deri pigmentasyonu, bül (içinde sıvı bulunan veziküllerden büyük deri kabarcığı), aşırı kıllanma ve parlak kırmızı idrar gözlenmiştir. Olguların %10'u ölümlerle sonuçlanmıştır. Anne sütüyle beslenen bebeklerde pembe yara yanında, zayıflık, konvülsiyonlar ve halka şeklinde kızamık kabartılar (pembe yara) saptanmıştır. HCB o dönemde anne sütünde bulunmuştur, ancak miktar analizi yapılmamıştır. Yirmi yıl sonrasında HCB miktarının 20 anne sütü örneğinde 0.23 ppm olduğu belirlenmiştir. Kazadan 20-30 yıl sonra da anne sütü örneklerinde önemli miktarlarda HCB bulunmuştur (3-5).

ABD'de yapılan bir çalışmada anne sütü yağında ortalama HCB konsantrasyonu 0.04 ppm bulunmuştur (0.018-0.068 ppm). Arkansas'ta HCB rastlanan sütlerdeki ortalama miktar ise 0.03 ppm'dir. ABD'de bu kimyasala maruz kalındığı, ancak bireylerde porfiriye neden olmadığı bildirilmiştir (3-5).

Dieldrin, Aldrin ve Endrin

ABD’de kullanımı yasaklanmış, ancak gelişmekte olan ülkelerin bir kısmında halen önemli miktarlarda kullanılan çevrede kalıcılığı yüksek olan pestisitlerdir. Dieldrin adipoz dokuda biriken aldrinin metabolitidir. ABD’de yapılan çalışmalarda analiz edilen anne sütü örneklerinin %100’ünde ortalama 0.04 ppm düzeylerinde dieldrin bulunmuştur. Süt yağındaki dieldrin konsantrasyonu ise 0.05-0.24 ppm arasında değişmektedir. Arkansan’dan toplanan anne sütü örneklerinin %2’sinde 0.071 ppm düzeyinde dieldrine rastlanmıştır. Orta Doğu, Güney Amerika ve Avustralya’dan elde edilen anne sütü örneklerinde yüksek miktarlarda dieldrin saptanmıştır. Aldrin ve endrin ise anne sütü örneklerinde nadir olarak bulunmaktadır (4).

Lindan

Lindan, heksakloroheksanların (HCH) farklı izomerlerinin bir karışımıdır ve bazı yerlerde DDT yerine kullanılmaktadır. ABD’de analiz edilen anne sütü örneklerinin %4-68’inde önemli miktarlarda HCH izomerlerine rastlanmıştır. Örneğin Arkansalı kadınlardan alınan süt örneklerinin %27’sinde beta-HCH izomeri bulunmuştur. ABD’de lindanın tarım alanında kullanımı 20 yıl önce yasaklanmıştır. HCH izomerleri Avrupa ülkelerinin birçoğunda (ortalama yağdaki değer: 0.2 ppm) Asya ülkeleriyle özellikle de Hindistan ve Çin Cumhuriyeti ile (ortalama yağdaki değer: 6 ppm) karşılaştırıldığında önemli derecede düşük bulunmuştur (4).

Anne sütü örneklerinde değişik miktarlarda bulunan diğer pestisitlerden bazıları klorobenzenler (p-diklorobenzen), pentaklorofenol, mireks, toksafen, kloroeterler, poliklorine naftalinler, halojene olmayan organik bileşikler ve organofosfatlardır (malatyon, dimetil-diklor-vinil fosfat).

Günümüzde üretilen mamalar enerji ve besin öğelerini bebeklerin gereksinmelerini sağlayacak düzeyde içermektedir. Mamalar amaca uygun olarak toz, beslemeye hazır sıvı veya konsantre sıvı formlarında üretilmektedir. ABD’de piyasadaki bebek mamalarının pestisit düzeylerini belirlemek amacıyla bir çalışma yapılmıştır ve piyasada satılan mamalarda pestisit kalıntılarında rastlanmamıştır. ABD’de bebek mamaları endüstrisinde geliştirilen izlem programlarının kullanılması sonucunda kontaminasyon önlenmiştir. Ancak beslemeye hazır olarak satılan mamalarda kullanılan suların pestisit açısından kontrol edilmesi gerekmektedir. Suların kontrol edilmesi ile potansiyel pestisit riski azaltılmış olacaktır. Su kay-

naklarındaki organik bileşiklerin uzaklaştırılmasında kullanılan en etkili yöntem “karbon filtrasyonu”dur. Bu yöntemde su önce filtrasyon aşamasından geçer, gerekirse defloridasyon ve deminerilizasyon işlemi uygulanır ve son olarak da klorinasyon aşamasından geçerek mamada kullanılan su hazır hale getirilir. Karbon filtrasyon sistemi ile su eklenmiş bebek mamalarındaki kontaminasyon riski sifira indirilmektedir (28). Ülkemizde mama hazırlanmasında böyle bir sistem kullanılmamaktadır. Özellikle hazır toz mamaların pestisitlerle kirlenmiş sularla hazırlanması, bebeklerin vücutlarına anne sütüyle olduğu kadar mamalarla da pestisit almasına neden olmaktadır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Dünya nüfusunun hızla arttığı çağımızda açlık sorununun çözümlenebilmesi için tarımsal üretimi arttırmada pestisit adı verilen ilaçlar kullanılmakta ve bu kimyasallar çevrede bulaşmaya neden olmaktadır. Bulaşan bu maddeler teknolojik işlemlerde belli bir düzeye kadar azaltılmakla birlikte, üretilen besinlerde kalmaktadır. Pestisit kalıntılarının çok düşük düzeyi bile organizmada birikime neden olmaktadır. Anne sütünün kimyasal kirlenmeler yönünden izlenmesi, çevre kirliliğinin göstergesi olması bakımından ve halk sağlığı açısından yararlıdır. Bebeklerin karaciğer ve böbreklerinin tam olgunluğa ulaşmaması nedeniyle biotransformasyon kapasitelerinin sınırlı olması, ağırlıklarına göre vücut yüzeylerinin daha geniş, metabolik hızlarının ve oksijen tüketimlerinin yüksek, vücut bileşimlerinin farklı ve vücut ağırlıkları başına enerji ve sıvı gereksinmelerinin fazla olması bu kimyasallara daha duyarlı olmalarının temel nedenidir.

Besin zinciri içerisinde organoklorin pestisitlerin yağ içeren besinlerde birikmesi ve özellikle de anne sütünde birikmesi bebekler için tek besin olan anne sütünün güvenilirliğini etkilese de ve mama hazırlamada kullanılan suların da pestisitlerle kirlenme riskinin olması nedeniyle de, anne sütü bebeklere ilk 4-6 ay boyunca önerilen tek besin olmalıdır.

Besin üretim aşamasında pestisit kullanımı ile ilgili önemli sorunlar yaşanmaktadır. Pestisitlerin kullanımının tamamen kaldırılması mümkün olmayacağı için, insan ve çevreye olumsuz etkilerini en az orana indirmek için tedbirlerin alınması gerekmektedir. Bu nedenle üreticinin, daha etkin sonuç alma umuduyla yüksek dozda pestisit kullanımı önlenmeli, ilaçlama işlemi zamanında, doğru dozda ve belirli aralıklarla yapılmalı ve bu konuda gerekli personel eğitimi verilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Zetterström R. Child health and environmental pollution in the Aral Sea region in Kazakhstan. *Acta Paediatr Suppl* 1999;429:49-54.
2. Stevens M, Ebell GF, Psaila-Savona P. Organochlorine pesticides in Western Australian nursing mothers. *Med J Aust* 1993;158:238-41.
3. Miller SA, Chopra JG. Problems with human milk and infant formulas. *Pediatrics*. 1984;74(4 Pt 2):639-47.
4. Sonawane BR. Chemical contaminants in human milk: An overview. *Environ Health Perspect* 103, 1995; (Suppl 6):197-205
5. Rogan WJ. Pollutants in breast milk. *Arch Pediatr Adolesc Med* 1996;150:981-90.
6. Czaja K, Ludwicki JK, Góralczyk K, et al. Effect of changes in excretion of persistent organochlorine compounds with human breast milk on related exposure of breast-fed infants. *Arch Environ Contam Toxicol* 1999;36:498-503.
7. Quinsey PM, Donohue DC, Cumming FJ, et al. The importance of measured intake in assessing exposure of breast-fed infants to organochlorines. *Eur J Clin Nutr* 1996;50:438-42.
8. Hooper K, Petreas MX, She J, et al. Analysis of breast milk to assess exposure to chlorinated contaminants in Kazakhstan: PCBs and organochlorine pesticides in Southern Kazakhstan. *Environ Health Perspec* 1997; 105:1250-4.
9. Czaja K, Ludwicki JK, Góralczyk K, et al. Organochlorine pesticides, HCB, and PCBs in human breast milk in Poland. *Bull Environ Contam Toxicol* 1997; 58:769-75.
10. Newsome WH, Davies D. Determination of PCB metabolites in Canadian human milk. *Chemosphere* 1996;33:559-65.
11. Feeley M, Brouwer A. Health risks to infants from exposure to PCBs, PCDDs and PCDFs. *Food Addit Contam* 2000;17:325-33.
12. Vartiainen T, Saarikoski S, Jaakkola JJ, et al. PCDD, PCDF, and PCB concentrations in human milk from two areas in Finland. *Chemosphere* 1997;34:2571-83.
13. Smith D. Worldwide trends in DDT levels in human breast milk. *International Journal of Epidemiology*. 1999;28:179-88.
14. Dewailly É, Ayotte P, Laliberté C, et al. Polychlorinated biphenyl (PCB) and dichlorodiphenyl dichloroethylene (DDE) concentrations in the breast milk of women in Quebec. *Am J Public Health* 1996;86:1241-6.
15. Lutter C, Pérez-Escamilla R. DDE and insufficient breast milk. *Am J Public Health* 1996;86:887-8.
16. Gladen BC, Ragan NB, Rogan WJ. Pubertal growth and development and prenatal and lactational exposure to polychlorinated biphenyls and dichlorodiphenyl dichloroethene. *J Pediatr* 2000;136:490-6.
17. Conacher HBS, Mes J. Assessment of human exposure to chemical contaminants in foods. *Food Addit Contam* 1993;10:5-15.
18. Czaja K, Ludwicki JK, Góralczyk K, et al. Effect of age and number of deliveries on mean concentration of organochlorine compounds in human breast milk in Poland. *Bull Environ Contam Toxicol* 1997;59:407-13.
19. Çok I, Bilgili A, Özdemir M, et al. Organochlorine pesticide residues in human breast milk from agricultural regions of Turkey, 1995-1996. *Bull Environ Contam Toxicol* 1997;59:577-82.
20. Çok I, Karakaya AE, Afkham BL, et al. Organochlorine pesticide contaminants in human milk samples collected in Tebriz (Iran). *Bull Environ Contam Toxicol* 1999;63:444-50.
21. Brunetto R, León A, Burguera JL, et al. Levels of DDT residues in human milk of Venezuelan women from various rural population. *The Science of the Total Environment* 1996;186:203-7.
22. Waliszewski SM, Aguirre AA, Infanzon RM, et al. Comparison of organochlorine pesticide levels in adipose tissue and human milk of mothers living in Veracruz, Mexico. *Bull Environ Contam Toxicol* 1999; 62:685-90.
23. Ejobi F, Kanja LW, Kyule MN, et al. Organochlorine pesticide residues in mothers milk in Uganda. *Bull Environ Contam Toxicol* 1996;56:873-80.
24. Okonkwo JO, Kampira L, Chingakule DDK. Organochlorine insecticides residues in human milk: A study of lactating mothers in Siphofaneni, Swaziland. *Bull Environ Contam Toxicol* 1999;63:243-7.
25. Bouwman H, Cooppan RM, Becker PJ, et al. Malaria control and levels of DDT in serum of two populations in Kwazulu. *Journal of Toxicology and Environmental Health* 1991;33:141-5.
26. Saleh M, Kamel A, Ragab A, et al. Regional distribution of organochlorine insecticide residues in human milk from Egypt. *J Environ Sci Health B*. 1996; 31:241-55.
27. Newsome WH, Ryan JJ. Toxaphene and other chlorinated compounds in human milk from northern and southern Canada: A comparison. *Chemosphere* 1999; 39:519-26.
28. Gelardi RC, Mountford MK. Infant formulas: Evidence of the absence of pesticide residues. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 1993;17:181-92.