



“BOR”

Sadece Enerji Kaynağı Değil Vücudumuzun da Sağlık Kaynağı

Enerji alanındaki önemi, endüstrideki yaygın kullanımı, Türkiye'nin bor zenginliği borla ilgili aşına olduğumuz konular. Borla ilgili bugüne kadar farkında olmadığımız bir gerçek ise sağlığımız için gerekli olması. Yapılan araştırmalar ışığında insanlar ve hayvanlar için gerekli besin elementleri arasında yer alması önerilen bor, tıpta alerjik hastalıkların, osteoporozun, artrit, kemik erimesinin tedavisinde, bakteriyel enfeksiyonların ve mantar enfeksiyonlarının iyileştirilmesinde kullanılıyor. Ayrıca henüz kesinleşmiş bir yöntem olmamakla birlikte “bor nötron yakalama tedavisi”, özellikle beyin kanserinin tedavisinde kullanılmakta. Bu tedavi yönteminde nötron ile bombardıman edilen bor, kanserli hücrenin parçalanmasını ya da imhasını ve bu aşamada sağlıklı hücrelerin herhangi bir zarar görmemesini sağlıyor.



Babillerin altın işlemeciliğinde, Mısırlıların mumyalamada ve tıpta, Çinlilerin porselen cilalanmasında, Eski Yunanlılar ve Romalıların temizlik maddesi olarak kullandığı bor 4000 yıldır biliniyor. Geleceğin yakıt kaynağı olacağı düşünülen ve Türkiye'nin de en büyük cevheri olarak akıllarımızda yer eden bor, Gay-Lussac ile Louis Jacques Thenard ve onlardan bağımsız olarak çalışan Sir Humphry Davy tarafından borik asitin potasyumla ısıtılıp ayrıştırılmasıyla 19. yüzyılın başlarında keşfedilmiş olsa da ancak 20. yüzyılda bilim insanlarının ilgisini çekmeye başlamış.

Bor (B) periyodik cetvelin atom numarası 5 olan elementi. 3A grubundaki tek metal olmayan, metalle ametal arası yarı iletken bu element, oksijen ve diğer elementlerle bileşik oluşturduğunda borat adını alıyor. Zaten doğada da en çok borat ve borik asit formlarında bulunuyor.

Enerji alanındaki öneminin dışında borla ilgili başka bir gerçek de, sağlığımız için gerekli olması. 20. yüzyılın başında bitkiler için mikrobisleyici bir element olarak kabul edilen bor, insanlar ve hayvanlar için de gerekli olduğu konusu bilim dünyasında tartışılan ve günlük diyetinde yer alması düşünülen bir element.

Birincil Kaynak Meyve ve Sebzeler

Kimilerine göre insan sağlığı için ihtiyaç duyulan, vücutta sentezlenemediği için besinlerle dışarıdan alınması gereken ve hatta birçok tedavi için vazgeçilmez bir element bor. Kimilerine göre ise özellikle yüksek dozda bora maruz kalınmasının olumsuz etkileri var. Günlük 2-3 mg bor alınmasını öneren Dünya Sağlık Örgütü'ne göre insan sağlığının devamı için gerekli görülen bor günlük tüketilen gıdalardan sağlanıyor. Birincil bor kaynağı meyve ve sebzeler. Turunçgil, ananas ve üzümü meyveler dışındaki birçok meyve ve yeşil yapraklı sebze yüksek yoğunlukta bor içeriyor. Ayrıca kuruyemişler ve baklagiller de önemli bor kaynaklarından. Yaşanılan bölgeye göre değişen oranlarda olmak üzere içme suyunda ve toprakta da bor bulunuyor. Küçük bir ölçüde olsa da havadan da bor alınabiliyor.

Farklı organlarda farklı miktarlarda bulunan borun, her organ için işlevi ayrı. Bor ve bileşenleri tüm vücut sıvılarına yayılma eğiliminde olmakla beraber en fazla kemiklerde, saçta ve diş minesinde bulunuyor. % 90-95 kadarı ise vücutta birikmeden idrar yoluyla atılıyor. Bugüne kadar yapılan çalışmalarla kalsiyum, fosfor, aliminyum, magnezyum ve molibden gibi minerallerin metabolizmalarında düzenleyici rolü olması nedeniyle, borun sağlıklı kemik ve eklem işlevleri için büyük önem taşıdığı tespit edilmiş. D vitamini daha aktif bir forma dönüşmesinde, kalsiyumun alınmasında ve kemiklerde depolanmasında önemli etkisi var borun. Bu nedenle besin yoluyla alınan bor, özellikle kemik erimesinin önlenmesinde kritik rol oynuyor. Örneğin, Avustralya'nın topraktaki ve havadaki bor seviyesi yüksek olan bir bölgede görülen kas ve iskelet sistemi hastalıklarının oranının, topraktaki ve havadaki bor seviyesi düşük olan bir başka bölgedekine göre %50 daha az olduğu belirlenmiş.

Birçok çalışmada da borun steroid hormon metabolizmasına da etkisi olduğu ve steroid hormonlarının oluşumu sırasındaki hidroksilasyon basamağı için gerekli olduğu belirlenmiş. Bazı bilim insanla-

rı ise kuvvetli bir hafıza, algılamanın artması ve el-göz koordinasyonu için borun önemini vurguluyor.

Sağlığımızın devamlılığı için gerekli olan bor, tıpta da alerjik hastalıkların, osteoporozun, artrit, kemik erimesinin tedavisinde, bakteriyel enfeksiyonların ve mantar enfeksiyonlarının iyileştirilmesinde kullanılıyor. Günlük 3 mg bor alımının menapoz sürecindeki kadınlarda östrojen etkisini artırdığı, beslenme yoluyla düşük dozda alınan borun ise prostat kanseri riskini azalttığı yapılan araştırmaların sonuçlarından birkaçı. Ayrıca henüz kesinleşmiş bir yöntem olmamakla birlikte "bor nötron yakalama tedavisi" özellikle beyin kanserinin tedavisinde, kanserli hücrelerin yok edilmesine olanak sağlaması ve sağlıklı hücrelere herhangi bir zarar vermiyor olması sebebi ile yeni bir umut olarak değerlendiriliyor.

Bor eksikliği söz konusu olduğunda ise kalsiyum ve magnezyumun emiliminin azalıp vücuttan atılmalarının artmasıyla bu elementlerin metabolizmaları değişime uğruyor ve kemiklerin bileşimi, yapısı ve gücü etkilenerek kemik erimesine benzer bir durum ortaya çıkıyor. Aynı zamanda D vitamini eksikliğine sebep olduğu için anormal kemik gelişimi ve gelişme geriliği görülüyor. Epidemiyolojik çalışmalar, artrit görülme oranının ABD, İngiltere ve Avustralya gibi vücutta bor alımının yüksek olduğu ülkelerde, bu değerlerin daha düşük olduğu ülkelere göre %20 daha az olduğunu göstermiş. Yani bor eksikliği ile artrit arasında da bir ilişki olduğu düşünülüyor. Bor eksikliği özellikle magnezyum eksikliği ile bir arada olması durumunda, böbrek taşı oluşmasına da sebep olabiliyor. Tüm bunlara ek olarak zihinsel aktiviteyi azaltabiliyor.



Endüstride Bor

Büyük keman yapımcısı Antonio Stradivarius yaptığı kemanların böcekler tarafından yenmemesi için boraks macunu kullanmış. Günümüzde ise cam, seramik ve deterjan sanayisi başta olmak üzere yaklaşık 500 farklı alanda bor kullanılıyor. Kozmetik, yarı iletkenlerin üretimi, farmakoloji, kimya, tekstil, metalurji, inşaat, gıda, tarım, uzay ve hava araçları, askeri araçlar, füzeler, radarlar, iletişim teknolojileri, nano teknoloji ve enerji alanları borun yaygın olarak kullanıldığı alanlardan sadece bir bölümü.

Borik asit, gıda ürünlerinin mikro-organizmalar tarafından bozunumunu önlemek ve ürün kalitesini artırmak için gıda sanayisinde kimyasal koruyucu olarak kullanılıyor. Fakat bu koruyucuların yüksek miktarda eklenmesinin gözlerde tahrişe, kusmaya, öksürüğe, nefes darlığına sebebiyet vermesi nedeniyle bu alandaki kullanımı sırasında hassasiyet gösterilmesi önem taşıyor.

Borun en çok tüketildiği alanlardan biri cam sektörü. Bor, ergimiş haldeki cam ara mamulüne katıldığında son ürünün yüzey sertliğini ve dayanıklılığını artırıyor. Örneğin mutfaklarımızın vazgeçilmezlerinden, ısıya dayanıklı cam mutfak eşyası olan "Borcam" da bor içeren ürünlerden. Ayrıca seramiğin pişirme sıcaklığını düşürmesi nedeniyle seramik sektöründe de kullanılan bor, seramik sıralarındaki yapıyı güçlendiriyor. Bor ve bileşikleri sabun ve deterjan endüstrisinde de mikrop öldürücü, beyazlatıcı olarak kullanılıyor.

Endüstriyel açıdan önemli bor bileşikleri arasında boraks, tinkal, kolemanit, üleksit, kernit, probertit, siyabelit, datolit, sasolit, boraks dekahidrat, boraks pentahidrat, susuz boraks, borik asit, sodyum per borat, susuz borik asit, hidroborasit sayılıyor.



Bor Bitkilerin de Olmazsa Olmazı !

Bitkilerdeki mineral düzeyi fizyolojik ve biyokimyasal tepkimelerin kontrolü için büyük önem taşıyor. Eksiklikleri durumunda bitkilerin büyümesi ve verimi etkileniyor. Çok az miktarda bor bile bitkilerin çiçeklenmesinin kontrolünde, polen üretiminde, tohum ve meyve gelişiminde büyük rol oynuyor. İşte bu yüzden bor 1923'te normal bitki gelişimi için gerekli olan bir element olarak kabul edilmiş.

Borun bitki hücre duvarının yapısal gelişiminde rolü olduğu ve dayanıklılığını sağladığı, hücre bölünmesi, meyve ve tohum gelişimi, şeker transferi ve hormon metabolizması gibi özel metabolik yolların uyarılması ya da baskılanmasıyla ilişkili olduğu biliniyor. Diğer fonksiyonu ise nitrojen, fosfor, potasyum ve kalsiyum metabolizmalarının düzenlemesi. Bor eksikliği görülen bitkilerde, hücre duvarı esnekliğinin azalması nedeniyle yeni bölünmüş hücrelerde yeterli büyüme gerçekleşmiyor.

Bor doğal olarak toprakta bulunmasına rağmen bazı bölgelerdeki yo-

ğun yağışlar, coğrafi koşullar ve tarım yöntemlerindeki farklı uygulamalar nedeniyle bitkiler için gerekli seviyenin altına düşebiliyor . Böyle alanlarda kullanılan gübrelerin bor içermesi bitkilerin yetişmesinde önemli rol oynuyor. Ancak kullanılacak gübrenin miktarının, zamanının, bitki, iklim ve toprak tipine göre uygulanmasının dikkat edilmesi gereken noktalar olduğu özellikle belirtiliyor. Çünkü bor toksisitesi bitkileri yapraklardaki klorofil içeriğinde azalma ve fotosentez hızında düşme, kökteki hücrelerin bölünmesinde azalma, hücre çeperi içerisinde bulunan ve bitkinin odunsu yapısını ve dayanıklılığını artıran ligninin seviyesinde düşme gibi çok farklı şekillerde etkileyebiliyor Yüksek seviyede bora maruz kalan bitkilerde sürgün ve kök dokularında büyüme geriliği tipik bir belirti.

Özetle yetersiz ya da toksik seviyede bor içeren tarım alanlarından elde edilen ürünlerin kalitesinde ve veriminde problemler yaşanıyor. Bu nedenle borun bitkiler için öneminin ve mekanizmasının anlaşılması tarımsal üretimin artırılması açısından büyük önem taşıyor.

Ya Zehir Etkisi?

Avrupa Birliği'nin kararına göre sodyum boratlar ve borik asitler 2008 yılının sonlarında üremeye olumsuz etkili zehirli maddeler listesine alınmış. Ancak bazı bilim insanları kendi çalışmalarının sonuçlarından yola çıkarak, insanların yüksek dozda bora maruz kalması ve bunun sonuçları ile ilgili farklı görüşlere sahip. Bu nedenle bilim çevreleri borun insanlar üzerindeki fizyolojik ve olumsuz etkilerini araştırmaya devam ediyor.

Yapılan birkaç araştırmada bora kısa süreli maruz kalan kişilerin gözlerinde, üst solunum yollarında ve burnun arka kısmı ile yutağın komşuluk yaptığı bölge olarak bilinen nazofarenkste tahriş görüldüğü, bora maruz kalma durumu sona erdirildiğinde de tahrişin yok olduğu gözlenmiş.

Ancak borun zehir etkisinin mekanizması henüz anlaşılacak değil. Fareler üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda borik asitin erkek üreme sistemi üzerine olumsuz etkisi olduğu, üremeyi ve fetusun gelişimini etkilediği, ama kanserojenik etkisi olmadığı biliniyor. Hayvanlar üzerinde yapılan araştırmalarda borun hayvanlara yüksek dozda ağız yoluyla verilmesi sonucu üremeyi ve fetus gelişimini etkilediği, insanların ise bu yolla bora maruz kalmalarının kusmaya neden olacağı, sindirime uğramayacağı ve vücutta birikmeyeceğinden bir zehir etkisinin olmayacağı düşüncesi bazı bilim çevrelerince savunuluyor. Yani borun insan sağlığına olan etkisinin maruz kalan bor miktarına, maruz kalma süresine, sıklığına ve şekline, kişinin sağlık durumuna ve çevresel faktörlere göre değişebileceği vurgulanıyor. Bor madenlerinde çalışan ve sürekli sodyum borat tozlarına maruz kalan insanların kan, idrar ve üreme sistemleri incelendiğinde ise kısırlığa neden olabilecek bir kanıt bulunmadığı belirtiliyor.

Türkiye'deki Araştırma Sonuçları Ne diyor?

İnsanlarda yüksek dozda borun hedef aldığı organın testisler olduğu söyleniyor. Bu nedenle de ülkemizde 52.500 km²'yi kaplayan bor yataklarının ve bor tesislerinin bulunduğu alanda yaşayan ve Türkiye nüfusunun % 2 sini oluşturan kişilerde sürekli bora maruz kalma durumu olması nedeniyle borun bu kişilerin sağlıklarına etkileri ve zehir etkisi oluşturmayan günlük miktarın belirlenmesi konusu birçok araştırmaya konu oluyor.

Örneğin bor maden alanlarından biri olan ve içme sularında yüksek oranda bor bulunan (önceki

çalışmalara göre 2 mg/l veya daha fazla) Osmanca köyünde ve İskele kasabasında yaşayan kişilerden seçilen 66 erkeğin (grup I) aldığı günlük bor miktarı 6,77 mg iken, kontrol grubunu oluşturan ve bora maruz kalmayan, Ankara'dan ve Balıkesir'den seçilmiş 57 erkeğin (grup II) günlük bor alımı 1,26 mg olarak tespit edilmiş. Yani grup I'deki kişilerin günlük bor alımı kontrol grubundaki kişilere göre 5 kat fazla. Grup I'deki kişilerin sağlık durumları incelendiğinde ise yüksek miktarda bora maruz kalmış olmakla ilişkili herhangi bir sağlık probleminin ve bölgede belirli bir sebebe dayanan ölümlerin olmadığı belirlenmiş. Dolayısıyla bu miktarın günlük güvenilir referans değer olarak kullanılabilmesi sonucuna ulaşılmış. ABD Gıda ve Beslenme komitesine göre tolere edilebilecek günlük üst düzey bor miktarı 20 mg.

Kütahya'nın ilçesi Hisarcık'ta yaşayan insanların da bir çoğu bölgede bulunan bor madeninde çalışarak ya da tarım ve hayvancılıkla geçimlerini sağlıyor. Bölgenin incelenen su örneklerinde bor miktarının 10 ± 4 mg/l olduğu tespit edilmiş ki bu miktar Dünya Sağlık Örgütü'nün ve Amerika Çevre Koruma Ajansı'nın limit olarak belirlediği 0,3 mg B/l'nin hayli üzerinde. Bu bölgede yapılan araştırmanın bulgusu borun herhangi bir olumsuz etkisinin olmadığı ve sularındaki bor miktarının insan sağlığını tehdit edecek bir miktar olmadığı yönünde.

Bigadiç'in (Balıkesir), Emet-Hisarcık'ın (Kütahya) ve Kırka'nın (Eskişehir) çalışma bölgesi olarak belirlendiği başka bir çalışmada çevresel olarak ve iş yerinde bora maruz kalan erkek işçilerin ailelerinde, borun üreme, gelişim ve cinsiyet oranı üzerine etkileri incelenmiş. Ölü doğum, düşük doğum, erken doğum, bebek ölümü ve düşük ağırlıklı bebek doğumu oranlarının ülkenin diğer kısımlarında görülen oranlardan çok yüksek olmadığı, üretimde çalışan işçilerle büroda çalışan işçiler arasında kısırlık oranı arasında belirgin farklılık bulunmadığı ve bölgedeki işçilerin maruz kaldığı bor düzeyinin üretkenlik özelliklerine olumsuz bir etkisi olmadığı sonucuna ulaşılmış.

Başka bir çalışmada Balıkesir'in Bigadiç ilçesi, Bursa'nın Mustafa Kemal Paşa ilçesinin Kestelek köyü, Kütahya'nın Emet ilçesi ve civarında yaşayan, çalışan, bora çevresel olarak ve çalıştıkları iş yerleri nedeniyle maruz kalan kişilerin, Balıkesir'in Bandırma ilçesindeki Boraks ve Asit Fabrikaları çalışanlarının, Susurluk ilçesinin Sultançayırı, Aziziye ve Yıldız köylerinden bir grup eski madencinin üreme ve kısırlık durumları incelenmiş. Bölgelerin kaynak ve kuyulardan getirilen içme ve kullanma

sularının bor içeriklerinin 0.2–29 mg/l arasında değiştiği, ocak ve fabrikaların toz yoğunluğunun ise 10 mg/m^3 olarak belirlenmiş yasal yoğunluk sınırını aşmadığı görülmüş. Sonuç olarak en az 60-70 yıl bor bileşiklerine sürekli maruz kalan bu bölgelerdeki kişilerde çocuk sahibi olamama ya da benzeri olumsuz sonuçların gözlenmediği tespit edilmiş.

Günlük yaşantımızda bu kadar iç içe olduğumuz borun belirli metabolik süreçlerde çok önemli etkisi olduğu açık. Eksikliğinde sağlık sorunlarına neden olabilecek borun besinler ve doğal yollarla alınmasıyla insanlarda gerekli olan bor ihtiyacının karşılanacağı düşünülüyor. Ancak görünen o ki, insanlar üzerindeki biyolojik işlevlerinin, zehir etkisinin ya da zararının kesin olarak belirlenmesi ve kanıtlanması için tüm dünyada daha ileri düzey çalışmalar yapılması gerekiyor.

Ülke	Toplam Rezerv (Bin ton B203)	Toplam Rezerv (% B203)
Türkiye	885.000	71,3
ABD	80.000	6,5
Rusya	35.000	2,8
Çin	47.000	3,8
Arjantin	9000	0,7
Bolivya	19.000	1,5
Şili	41.000	3,3
Peru	22.000	1,8
Kazakistan	102.000	8,2
İran	1000	0,1
Toplam	1.241.000	100

Bor Rezervlerinin Ülkelere Göre Dağılımı, 2010 (<http://www.boren.gov.tr>)



Ülke	Doğal Borat	Toplam Rezerv (Bin Ton)	% B203
Bigadiç, Balıkesir	Kolemanit, Üleksit	623.459	29-31
Emet, Kütahya	Kolemanit	1.682.562	28-30
Kestelek, Bursa	Kolemanit	6995	29
Kırka, Eskişehir	Tinkal	750.620	26

Türkiye Bor Rezervlerinin Maden Sahalarına Göre Dağılımı, 2009 (<http://www.boren.gov.tr>)

Katkılarından dolayı Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü'ne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- <http://www.boren.gov.tr/>
<http://www.etimaden.gov.tr>
 See, A. S., Salleh, A. B., Bakar, F. A., Yusof, N. A., Abdulamir, A. S., Heng, L. Y., "Risk and Health Effect of Boric Acid", *American Journal of Applied Sciences*, Cilt 7, s. 620-627, 2010.
 Tara, A. D., Stella, L. V., "The Physiological Effects of Dietary Boron", *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Cilt 43, s.219-231, 2003.
 Korkmaz, M., Şaylı, U., Şaylı, B. S., Bakırdere, S., Titretir, S., Ataman, O. Y., Keskin, S., "Estimation of Human Daily Boron Exposure in a Boron-Rich Area", *British Journal of Nutrition*, Cilt 98, s. 571-575, 2007.

- Çöl, M., Şaylı, B. S., Genç, Y., Erçevik, E., Elhan, A. H., Keklik, A., "An Assessment of Fertility in Boron-Exposed Workers in Turkey: Epidemiological Approach", *Turkish Journal of Medical Research*, Cilt 18, s. 10-18, 2000.
 Çöl, M., Çöl, C., "Environmental Boron Contamination in Waters of Hisarcık Area in the Kutahya Province of Turkey", *Food and Chemical Toxicology*, Cilt 41, s. 1417-1420, 2003.
 Şaylı, B., Çöl, M., Elhan, A. H., Genç, Y., "Assessment of Fertility and Infertility in Boron-Exposed Turkish Subpopulations 6: Relevant Data from All Centers", *Journal of Ankara Medical School*, Cilt 25, s. 65-174, 2003.