

Bor ve Sağlığımıza Olan Etkilerine Güncel Bir Bakış

Boron and a Current Overview of its Effects On Health

Rüya Kuru¹, Ayşen Yarat²

¹Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Biyokimya (ECZ) Yüksek Lisans Öğrencisi, İstanbul, Türkiye

²Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Temel Tıp Bilimleri Anabilim Dalı- Biyokimya, İstanbul, Türkiye

Öz

Bor, doğada bileşikleri halinde bulunan ve dünyada en fazla rezervi ülkemizde olan bir elementtir. Bor bileşiklerinin kullanım alanları arasında cam, seramik, temizlik, beyazlatma, kozmetik, metalurji, nükleer, bilgisayar ve uçak sanayi, enerji sektörü, tarım ve sağlık yer almaktadır. Bor başlıca, besinler ve içme suyu ile vücudumuza girmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda borun biyolojik önemi ve insan sağlığı üzerinde olumlu etkilerinden söz edilmekte ve borun mineral ve hormon metabolizmasında, kemik gelişiminde, antioksidan savunma sisteminde, yara iyileşmesinde, enerji metabolizmasında ve immün sistemde çok önemli rolü bulunduğu vurgulanmaktadır. Bu derlemede borun beslenmemiz için önemi ve insan sağlığına olan etkileri ele alınmıştır.

Anahtar kelimeler: Bor, sağlık, diyet, gıda ve beslenme

Abstract

Boron is an element that naturally exists as compounds and has the most reserves in our country. Boron compounds are used in glass, ceramics, cleaning, whitening, cosmetic, metallurgy, nuclear, computer, aircraft, energy, agricultural, and health industries. It enters the body through nutrients and drinking water. Recent studies have focused on the biological importance of boron and its positive effects on human health and have emphasized the importance of its role in mineral and hormone metabolisms, bone development, antioxidant defense system, wound healing, energy metabolism, and immune system. Here we review the importance of boron in our nutrition and its effects on health.

Keywords: Boron, health, diet, food and nutrition

GİRİŞ

Bor, periyodik cetvelde 3A grubunda ilk sırada yer alan, "B" simgesiyle gösterilen ve atom numarası 5 olan bir elementtir. Doğada elementel halde bulunmaz (1). Elementel bor ilk olarak 1808 yılında Thenard, Gay-Lussac ve Davy tarafından eş zamanlı olarak keşfedilmiştir. Ancak bor bileşiklerinin kullanımı 4000 yıl önceye kadar uzanmaktadır (2). Bor ile ilgili süregelen gelişmelerin bazıları Tablo 1'de verilmektedir (1-5). Havada, toprakta ve sulara toplam 250'den fazla bor bileşiğinin mevcut olduğu belirtilmektedir. Borun oksijene ilgisinin fazla olması nedeniyle borat olarak adlandırılan çok çeşitli bor-oksijen bileşikleri mevcuttur (6). Bor oksit (B_2O_3) ve borik asit (H_3BO_3) bu bileşikler içinde en basit yapıları olanlardır (7). Ayrıca borun kalsiyum, magnezyum ve sodyum elementleri ile de bileşikleri mevcut olup önemli olanlarından bazıları; boraks ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$), kolemanit ($Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$) ve üleksittir ($NaCaB_5O_9 \cdot 8H_2O$). Bu bileşikler tabii boratlar olarak da bilinmektedir (Şekil 1) (8, 9). Bor bileşiklerinin kullanım alanları oldukça fazladır. Son yıllarda bor elementinin biyolojik önemi anlaşılmış ve sağlık üzerine olan etkilerini araştıran klinik ve deneysel çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Bu derlemede borun önemi, sağlık üzerine etkileri ve bu alanda yapılan çalışmalar anlatılmaktadır.

Boron Kullanım Alanları

Dünya bor rezervlerinin %73,5'ine sahip olmamız ve bor bileşiklerinin kullanım alanlarının çok çeşitli olması ülkemizin stratejik önemini arttırmaktadır. Bor bileşiklerinin kullanım alanları içine cam, seramik, temizlik, beyazlatma, kozmetik, metalurji, nükleer, bilgisayar ve uçak sanayi, enerji sektörü, tarım ve sağlık alanı girmektedir (Şekil 2) (2). Sağlık alanına baktığımızda, bor bileşiklerinin osteoporoz ve romatoid artrit tedavilerinde, Bor Nötron Yakalama Tedavisi (Boron Neutron Capture Therapy, BNCT) ile beyin tümörlerinin iyileştirilmesinde, yanık tedavilerinde, yara iyileşmesinde, antiseptik olarak lens solüsyonlarında, merhemlerde, gargaralarda ve göz damlalarında kullanıldığı görülmektedir. Ayrıca multiple myelom tedavisinde "Bortezomib" adlı, bor içeren ve Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi (Food and Drug Administration, FDA) tarafından onaylı bir ilaç kullanılmaktadır (3). Tarımda ise bor elementinin önemi büyüktür. Bitkilerdeki bor eksikliğini engellemek için bor içeren özel gübrelerin kullanımının yanı sıra bor bileşikleri, istenmeyen otlar ve böceklerle mücadelede de kullanılmaktadır (8).

Borla Temas Yolları

Bor, toprakta ortalama olarak 5-150 mg/kg, yer kabuğunda 10 mg/kg, deniz suyunda 4,6 mg/L ve havada ise 20 ng/m³ miktarında bulunmaktadır (7). Başlıca bor alımı besinler ve içme suyu ile olmaktadır. Fakat bor madeninin üretildiği ve/veya işlendiği yerlerde insanlar

Tablo 1. Düünden bugüne bor ile ilgili gelişmeler (1-5)

M.Ö. 2000	Babiller, altın işlemek için Uzak Doğu'dan boraks ithal etmişlerdir (2).
875	Araplar, ilk kez bor tuzlarından ilaç yapmışlardır (2).
13. yy	Marco Polo, Tibet'ten Avrupa'ya bor getirmiş ve böylece modern bor endüstrisinin başlamasını sağlamıştır (3).
1702	İlk borik asit, kimya öğretmeni William Homberg tarafından demir sülfat ile boraksın ısıtılmasıyla elde edilmiştir (2).
1771	İtalya'nın Toscana bölgesindeki sıcak su kaynaklarında Sassolit (katı borik asit) keşfedilmiştir (3).
1808	Sir Humphry Davy, Gay Lussac ve L.J. Thenard tarafından saflığı %50 civarında olan elementel bor elde edilmiştir (2).
1852	Şili'de ilk ticari bor madeni işletmeciliği başlamıştır (3).
1857	Bitkilerde bor olduğu ilk olarak 1857 yılında, Maesa picta tohumlarında tespit edilmiştir (1).
1865	Türkiye'de ilk bor madenciliği başlamıştır (3).
1870	Bor, gıda sanayide boraks ve borik asit şekli ile gıdaları korumak için kullanılmıştır (4).
1909	Ezekiel Weintraub tarafından yüksek saflıkta (>%99,9) bor sentezi gerçekleştirilmiştir (2).
1923	Borun bitkilerin büyüme ve gelişmesi için esansiyel bir element olduğu kanıtlanmıştır (3).
1935	Türkiye'de maden arama ve işletme faaliyetlerini yapmak üzere Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü ve Etibank kurulmuştur (3).
1950	Bor nötron yakalama tedavisi, kanser hastalarında uygulanmaya başlamıştır (3).
1987	Bor takviyesi ile ilgili ilk klinik araştırma yapılmıştır (5).
2003	Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü (BOREN) kurulmuştur (3).
2003	Bor içeren bir ilaç olan bortezomib'in Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi (Food and Drug Administration, FDA) tarafından multiple myelomda kullanılması onaylanmıştır (3).
2010	Türkiye Bor Dağılım Haritası hazırlanmıştır (3).
2010-2016	Bor ile ilgili yurt içinde ve yurt dışında çeşitli kongreler düzenlenmiş olup, bunlardan en sonuncusu 16-18 Kasım 2016 tarihleri arasında Ankara'da düzenlenmiş olan Uluslararası Tarımda Bor Sempozyumu'dur (3).



bor bileşiklerine, solunum veya deriden temas yolu ile gaz veya toz halinde maruz kalmaktadır. Ayrıca sabun, deterjan gibi temizleyici ve beyazlatıcı ürünlerin ve kozmetik ürünlerinin üretildiği yerlerde çalışanlar ve/veya bu ürünleri kullananlar da bor bileşiklerine maruz kalmaktadır (10).

Gıdalarda ve Gıda Takviyelerinde Bor

Literatürde yapılmış araştırmalara göre bor içeriği bakımından zengin olan gıdalar kabuklu yemişler, kuru baklagiller (10-45 ppm), meyve ve sebzelerdir (1-6 ppm) (Şekil 3). Tahıllar ve patatesten daha az miktarda bor olduğu ifade edilmektedir. Et ve et ürünleri, süt ve süt ürünleri ile yumurta (<0,6 ppm) ise bor açısından fakir gıdalar arasında yer almaktadır (7). Ülkemizde gıdalardaki bor konsantrasyonunu belirlemek amacıyla yapılmış çalışmalarda bor miktarının çayda ortalama 1,05 ppm, Türk kahvesinde 14,33 ppm ve kırmızı şarap örneklerinde 9,33 ppm olduğu tespit edilmiştir (11-13). Fındık çeşitlerinde ise bor

içeriğinin ortalama 18 ppm olduğu tayin edilmiş ve Türk fıncığının borun doğal bir kaynağı olduğu ileri sürülmüştür (14). Hatay ilimizde yapılmış olan bir çalışmada kekik, nane, kırmızı lahana, bakla, ayva, nar ve portakalın yüksek konsantrasyonda bor içerdiği tespit edilmiştir (15). Ülkemizde bor üretim bölgelerinden toplanan gıda örneklerinde fıstık, üzüm yaprağı, vişne ve ayvanın yüksek konsantrasyonda bor içerdiği belirlenmiştir (16).

Amerika Gıda Takviyesi Veri Tabanı'na (The Dietary Supplement Label Database) göre 2357 farklı gıda takviyesinde bor bulunmaktadır. Besin endüstrisinde; kalsiyum fruktoborat, bor sitrat, bor aspartat, bor glisinat şelatları, bor askorbat ve sodyum borat içeren ürünler bulunmaktadır (17). Örneğin bor, piyasada olan "Calcium Magnesium Plus Boron" (Solgar, ABD, New Jersey) adlı üründe bor sitrat şeklinde, "Boron" (Holland&Barrett, Nuneaton, United Kingdom) adlı üründe ise sodyum borat şeklinde bulunmaktadır.



Şekil 2. Borun kullanım alanları

Günlük Bor Alım Miktarı, Bor için Tolere Edilebilir Üst Seviye

Dünya Sağlık Örgütü'ne göre ıme suunda bulunan bor miktarı 0,1-0,3 mg/L arasında değişmektedir. Yine Dünya Sağlık Örgütü'ne göre gıda ile bor alımı yaklaşık olarak 1,2 mg/gün olarak belirlenmiştir (10). Avustralya'da yapılmış bir çalışmada kişilerin diyetle aldıkları bor miktarı ortalama 2,22 mg/gün olarak tespit edilmiştir (18). Besin ve su ile bor alımı coğrafik koşullara ve diyetel özelliklere bağlı olarak değişse de günlük toplam 1-7 mg bor alımının olduğu bildirilmektedir (19). Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (European Food Safety Authority, EFSA) ıme sularının günlük bor alımımıza 0,2-0,6 mg/gün olacak şekilde katkı yaptığını bildirmektedir (4).

Amerika Birleşik Devletleri İlaç, Besin ve Beslenme Komitesi (United States of Medicine Food and Nutrition Board) tarafından tolere edilebilir üst seviye yetişkinler için 20 mg/gün olarak belirlenmiştir (20). Dünya Sağlık Örgütü güvenli üst alım seviyesini ilk olarak 13 mg/gün olarak belirlemiştir. Fakat sonra bunu arttırmış ve 0,4 mg/kg veya 70 kg bir insan için yaklaşık 28 mg/gün bor olarak belirlemiştir (10). Avrupa Birliği tolere edilebilir üst alım seviyesini vücut ağırlığı baz alınarak toplam 10 mg/gün olarak belirlemiştir. 2013 EFSA Panelinde bor için kabul edilebilir günlük alım miktarı (Acceptable Daily Intake, ADI) 0,16 mg bor/kg/gün olarak belirlenmiştir (21).

Bor Toksikitesi

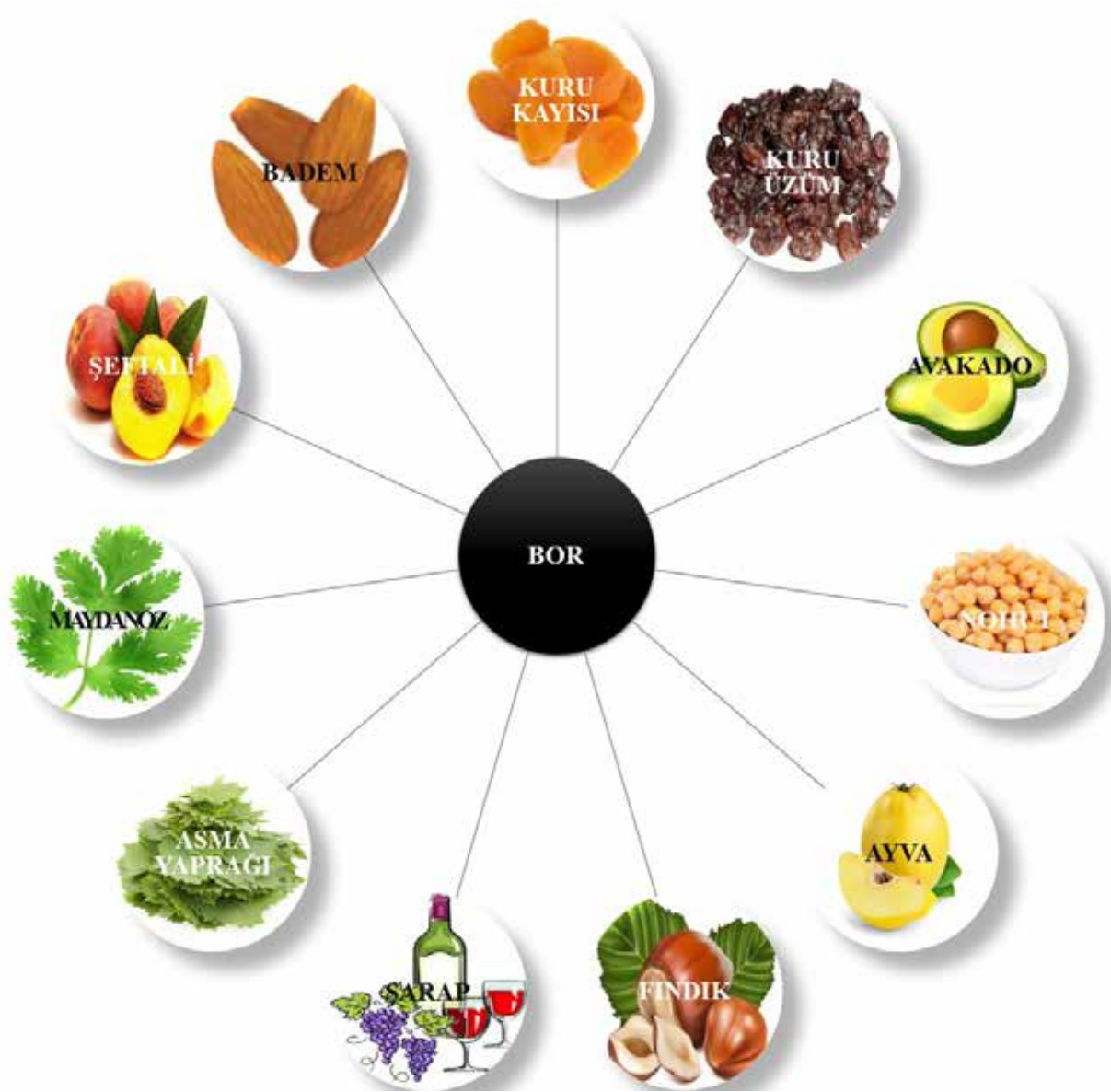
İnsanlar için borik asidin en düşük letal dozu ağız yolu ile alındığında 640 mg/kg, deri yoluyla alındığında 8600 mg/kg, enjeksiyonla alındığında 29 mg/kg'dır. İnsanlarda bir günde toplamda 500 mg bordan daha fazla miktarda alındığında görülen toksisite belirtileri bulantı, kusma, baş ağrısı, karın ağrısı, ishal, kas kasmaları, şok, halsizlik, sindi-

rim ve merkezi sinir sistemi düzensizlikleri, salgı bezleri çalışmasının bozulması ve cilt lezyonlarıdır (22). Gıda ve ıme suyu ile bor alındığında, belirtilen bu dozu aşmanın mümkün olamayacağı ifade edilmektedir (23).

Bor Metabolizması

Bor bileşiklerinin oral yolla alındığında, gastrointestinal sistemde hızlı bir şekilde borik aside dönüştürüldüğü, neredeyse tamamının borik asit şeklinde emilerek kan aracılığı ile dokulara dağıldığı belirtilmektedir (19). Bu dağılımın önceki yıllarda sadece pasif difüzyon ile olduğu düşünölmekte iken, 2004 yılında, sodyum bağımlı borat taşıyıcı 1 (sodium coupled borate co-transporter 1, NABC1) izole edilmesinden sonra bu düşünce değişmiş ve borun hücreye alınmasında hem pasif difüzyonun hem de NABC1'in etkili olacağı düşünölmeye başlanmıştır (24, 25). Ayrıca bor bileşiiğinde bor-oksijen bağını kırmak için gereken enerji çok yüksek olduğundan bor bileşiiğinin metabolize edilmeden vücuttan atıldığı ileri sürölmektedir (24). İnsanlarda diyetle veya gıda takviyesi olarak alınan borun %84-85'inin idrar ile vücuttan atıldığı gösterilmiştir (26, 27). Plazma bor miktarı başlıca renal atılım ile kontrol altında tutulmaktadır (Şekil 4) (26).

Borun insan dokularındaki dağılımı konusunda sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Bir çalışmada kazada ölen kişilerin kemik, saç, böbrek, karaciğer ve beyin doku örneklerinde bor konsantrasyonu incelenmiş ve sırasıyla 1,6, 1,05, 0,5, 0,1, 0,08 µg/g olduğu, sinoviyal sıvı, kan, tükürük, serebrospinal sıvıda ise bor miktarının 30, 28, 4,4, 1,5 ng/mL olduğu tespit edilmiştir (26). Bor dağılımı ile ilgili olarak yapılmış başka bir çalışmada 7 gün boyunca oral yolla 68 mg/kg dozunda borik asit verilen sıçanlarda çalışma sonunda en yüksek bor konsantrasyonu kemikte, en düşük bor konsantrasyonu ise adipoz dokuda saptanmıştır (28).



Şekil 3. Borun en fazla bulunduğu gıdalar

Borun insan ve hayvan dokularında biyokimyasal mekanizması ile ilgili çok az veri bulunmaktadır. Borun cis-hidroksil grubu içeren biyomoleküller (polisakkaritler, adenozin-5-fosfat, piridoksin, riboflavin, dehidroaskorbik asit, piridin gibi) ile reaksiyona girebileceği bildirilmektedir. Borun düşük atom ağırlığına sahip olması ve organik moleküller ile bileşik yapabiliyor olmasının biyolojik fonksiyon için önemli olduğu düşünülmektedir. Ayrıca borun hücre zarı fonksiyonlarında ve stabilitesinde, hormon reseptörleri ve transmembran sinyallerde etkili olabileceği düşünülmektedir (29).

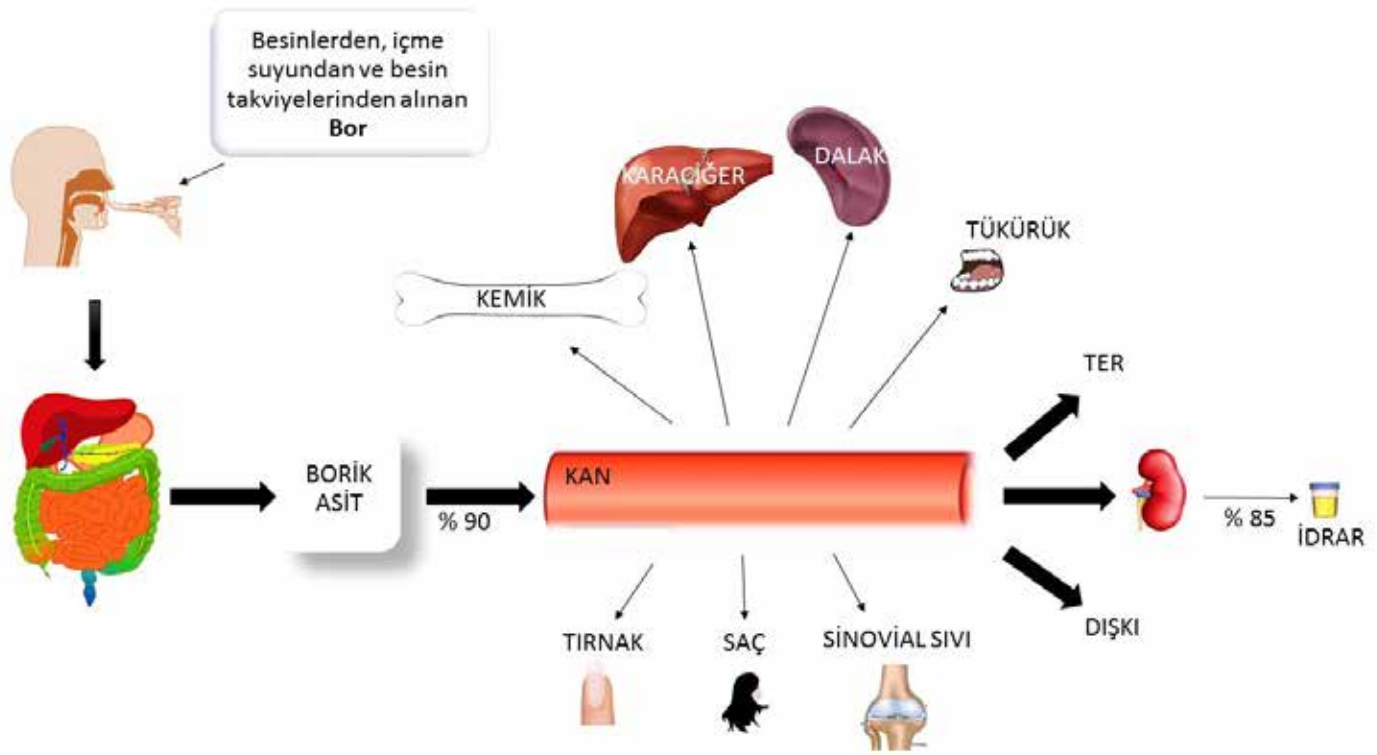
KLİNİK ve ARAŞTIRMA ETKİLERİ

DeneySEL Çalışmalar

Sıçanların diyetine ve farelerin içme suyuna borik asit ilave edilerek yapılan çalışmalar sonucunda deneklerin vücut ağırlıklarının azaldığı belirlenmiştir (30, 31). Oral borik asit alımının vücut ağırlığına olan etkisinin mekanizmasını açıklamak için farelerde beyaz yağ doku-

su, kahverengi yağ dokusu ve iskelet kas dokusundaki eşlenmemiş proteinlerin (uncoupling protein, UCP) gen ekspresyon seviyelerine bakılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda, beyaz yağ dokusu ve iskelet kas dokusunda UCP2 gen ekspresyonunun arttığı, kahverengi yağ dokusunda ise UCP1 gen ekspresyonunun arttığı rapor edilmiş ve borik asidin bu sayede termogenezi arttırıp, vücut ağırlığında azalmayı sağlayabileceği bildirilmiştir (31).

Borun hücrelerde indirgenmiş glutatyon miktarını arttırdığı, oksidatif stresi ve buna bağlı olarak oluşabilecek oksidatif hasarı azalttığı çeşitli kaynaklarda bildirilmektedir (7, 32). İçme suyuna arsenik eklenen sıçanların kan ve dokularında, lipit peroksidasyon düzeyleri artarken, borik asit eklenmesi ile lipit peroksidasyonunun azaldığı rapor edilmiştir (33). Başka bir çalışmada ise tarım ilacı olarak çok sık kullanılan ve vücutta oksidatif stres oluşturan bir organofosfat olan malatyonun (malathion) toksisitesine maruz kalan sıçanlarda borun böbrek, karaciğer ve beyin dokuları ile kanda glutatyon düzeyini, süperoksit dismutaz ve



Şekil 4. Bor metabolizması

katalaz aktivitesini arttırdığı gösterilmiştir. Bu sayede borun oksidatif stresi azalttığı ve doku hasarını önleyebileceği belirtilmiştir (34).

Borun yara iyileşmesinde olumlu etkileri 1990'dan beri çeşitli çalışmalarda gösterilmektedir (35). Bir çalışmada bazı aktif biyolojik polimerler ile sodyum pentaborat penhidrat birleştirilerek bir jel oluşturulmuş ve bu jelin sıçanlarda ikinci derece yanık yaralarının iyileşmesini sağladığı ve bakteri, maya ve mantarlara karşı antimikrobiyal bir aktivite gösterdiği belirtilmiştir (36).

Sıçanlarda radyasyonla indüklenmiş dermatitte bor bazlı bir jelin uygulandığı bir çalışmada bu jelin, Bax (Bcl-2-associated X) proteinlerine ait mRNA ekspresyon seviyelerini düşürerek dermatiti hafiflettiği gösterilmiştir (37).

Deneyisel artritis modeli oluşturulmuş sıçanlara oral ve intraperitoneal olarak bor verildiğinde serin proteaz enzimlerinin aktivitesi ve üretiminin azaldığı gösterilmiştir (35). D vitamini yetersizliği olan sıçanlarda yapılmış bir çalışmada sıçanlara bor takviyesi verilmesinin osteoklast hücre sayısını arttırdığı ve kemik malformasyonunu önlediği gösterilmiştir (38).

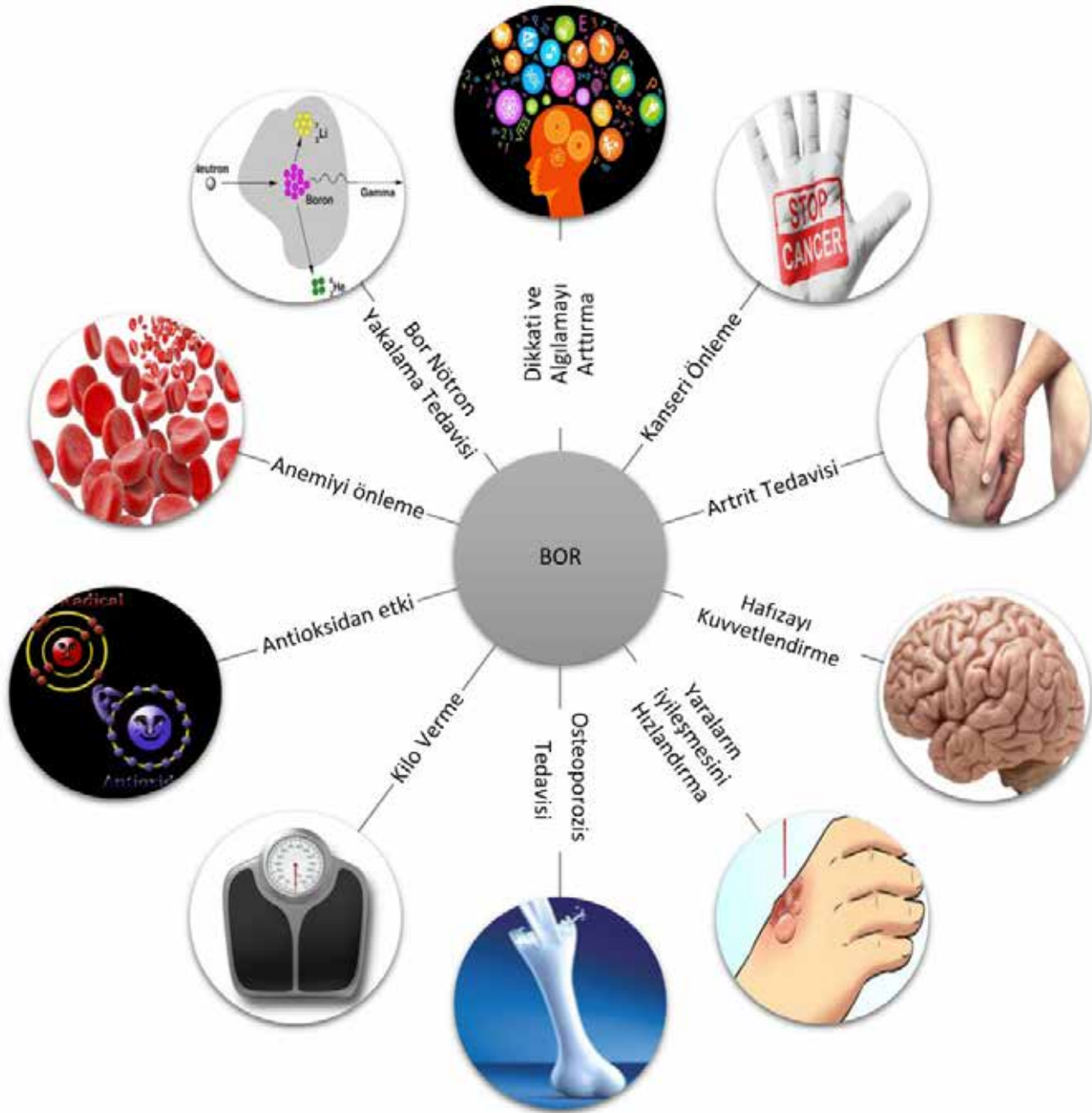
Deneyisel periodontit ve osteoporoz oluşturulan sıçanlarda, borik asidin alveolar kemik kaybını azaltabileceği belirtilmiştir (39). Tavşanlar ile yapılmış bir deneysel çalışmada 4 hafta boyunca yüksek enerjili diyet ek olarak sodyum borat dekahidrat takviyesi ile bor alımının artırılmasının dişteki mineral kompozisyonunu değiştirdiği ve orta derecede alveolar kemik çevresine yararlı etkileri olduğu gösterilmiştir (40). Pre-osteoblastik hücreler kullanılarak yapılmış bir çalışmada borun kollajen-I, kemik sialoproteinleri, osteokalsin, osteopontin ve hücre dışı matriks

proteinlerine ait mRNA ekspresyonlarına etki ettiği, kemik morfogenez proteinleri (Bone morphogenetic proteins, BMP) seviyelerini arttırdığı belirlenmiştir ve borun kemik gelişiminde kullanılabileceği vurgulanmıştır (41). Başka bir çalışmada, bor içeren PLGA (Poli Laktid Ko-glikolik Asit) doku iskelelerinin kemik oluşumuna etkisi incelenmiştir. Borun sıçan adipoz kaynaklı kök hücrelerinin adezyonunu, çoğalmasını ve farklılaşmasını arttırdığı belirlenmiştir (42). Borun kemik sağlığı üzerine olumlu etkileri, bor içeren biyoaktif camların üretilmesi ile ilgili çalışmalar yapılmasına öncülük etmiştir. Pan ve ark. (43) tarafından stronsiyum borat camının kemik rejenerasyonunda yeni nesil bir biyomateryal olarak kullanılabileceği öne sürülmektedir.

Klinik Çalışmalar

Borun kemik sağlığı açısından önemli bir element olduğu bilinmektedir (19). Klinik bir çalışmada, postmenopozal dönemde olan 12 kadına 119 gün boyunca bordan fakir (0,25 mg/gün) bir diyet uygulanmış ve ardından 28 gün boyunca bu diyetle ilaveten 3 mg bor içeren bir tablet verilmiştir. Bor takviyesi ile idrardaki kalsiyum miktarının %44 oranında azaldığı gösterilmiş ve borun postmenopozal dönemdeki osteoporozu önleyebileceği belirtilmiştir (5). Sağlıklı erkekler ile yapılan bir klinik çalışmada 4 hafta süreyle günlük 10 mg bor takviyesi alan erkeklerde idrarla kalsiyum atılımı azalmış, kemikteki kalsiyum tutulumu ise %17 oranında artmıştır (27).

Orta yaş kadın ve erkekler ile yapılan klinik bir çalışmada deneklere öncelikle 63 gün boyunca düşük miktarda bor içeren (0,23 mg/2000 kcal) bir diyet uygulanmış ve daha sonra 49 gün boyunca 3 mg/gün bora karşılık gelen miktarda sodyum borat takviyesi verilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda bor takviyesinin D3 vitamininin seviyelerini %39 oranında arttırdığı görülmüştür. Aynı çalışmada bor takviyesinin



Şekil 5. Borun sağlığını etkileri

plazma total kalsiyumunu azalttığı, serum kalsitonin konsantrasyonunu ise arttırdığı belirlenmiştir (44).

Borun inflamatuvar yanıtın düzenlenmesinde etkili olduğu bilinmektedir (35). 1990 yılında yapılan çift kör bir çalışmada, eklem iltihabı bulunan 15 kişiye 8 hafta boyunca günlük 6 mg bor (sodyum tetraborat dehidrat şeklinde) takviyesi verilmiş, eklemlerde ağrı ve iltihabın azaldığı rapor edilmiştir. Klinik bir çalışmada sağlıklı gönüllülere 2 hafta boyunca günde iki kez 2,91 mg bor içeren kalsiyum fruktoborat takviyesi verilmiş ve çalışmanın sonunda C-Reaktif Protein (CRP) düzeyinin %37 oranında azaldığı gösterilmiştir (45).

Borun insanlarda steroid hormon metabolizmasını olumlu yönde etkilediği, bor takviyesinin plazma östradiol ve testosteron seviyelerini art-

tırdığı bilinmektedir. Fakat etki mekanizması henüz aydınlatılmamıştır. Borun vücutta steroid hormonlarının üretimi sırasında, steroid yapılarına hidroksil grubunun eklenmesini kolaylaştırıcı etki yaptığı düşünülmektedir (35). Erkek gönüllüler ile yapılan diğer bir klinik çalışmada 4 hafta boyunca, günde 10 mg bor içeren sodyum tetraborat takviyesi verilmiş ve bu çalışmanın sonucunda serum östradiol ve serum testosteron seviyelerinin bor takviyesi ile arttığı belirlenmiş ve borun aynı zamanda ateroskleroza karşı koruyucu rolü olabileceği gösterilmiştir (27).

Epidemiyolojik insan çalışmalarında bor alımı arttığında prostat kanseri, akciğer kanseri ve anormal servikal sitopatoloji riskinin azaldığı görülmüştür (46). Akciğer kanseri olan 763 kadın hasta ve 853 kişiden oluşan sağlıklı kontrol grubu ile yapılan bir çalışmada bor alımı arttıkça akciğer kanseri görülme sıklığının azaldığı gösterilmiştir (47). Baş-

ka bir çalışmada ise 95 prostat kanseri olgusu ile 8720 sağlıklı birey karşılaştırılmış ve düşük bor alımının prostat kanseri riskini arttırdığı rapor edilmiştir (48).

Yapılmış çalışmalar borun insanlarda beyin fonksiyonlarında ve zihinsel performansta etkili olabileceğini göstermektedir. İnsanlarda diyet ile bor alımı düşük olduğunda, el-göz koordinasyonunda bozulma, dikkat ve algılamada azalma, kısa ve uzun süreli hafızada önemli ölçüde kötüleşme görülmektedir (49).

Klinik bir çalışmada, 14 gönüllü birey 63 gün boyunca bordan yoksun diyet ile beslenmiş, sonrasında 49 gün boyunca bor takviyesi verilmiştir. Bor takviyesinin kan hemogloblin konsantrasyonunu önemli ölçüde arttırdığı gösterilmiştir (50).

SONUÇ

Yukarıda özetlenen çalışmalardan çıkarılan sonuca göre borun mineral ve steroid hormon metabolizmasını düzenlediği, kemik gelişimine katkıda bulunduğu, antioksidan etki gösterdiği, immün sistemi güçlendirdiği, yara iyileşmesini hızlandırdığı, enerji metabolizmasını düzenlediği, kanser riskini azalttığı, zihinsel performansı arttırdığı, anemiyi düzelttiği ve kilo alımını azalttığı görülmektedir (Şekil 5). Ancak sağlık ve beslenme alanında henüz incelenmesi gereken pek çok husus bulunmaktadır. Bu nedenle konu ile ilgili klinik çalışmaların artırılması ve etkili yolların araştırılması gerekmektedir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış Bağımsız.

Yazar Katkıları: Fikir - A.Y.; Tasarım - A.Y., R.K.; Denetleme - A.Y., R.K.; Kaynaklar - A.Y., R.K.; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi - A.Y., R.K.; Analiz ve/veya Yorum - A.Y., R.K.; Literatür taraması - A.Y., R.K.; Yazıyı Yazan - A.Y., R.K.; Eleştirel İnceleme - A.Y., R.K.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Finansal Destek: Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Author contributions: Concept - A.Y.; Design - A.Y., R.K.; Supervision A.Y., R.K.; Resource - A.Y., R.K.; Data Collection and/or Processing - A.Y., R.K.; Analysis and/or Interpretation - A.Y., R.K.; Literature Search - A.Y., R.K.; Writing - A.Y., R.K.; Critical Reviews - A.Y., R.K.

Conflict of Interest: No conflict of interest was declared by the authors.

Financial Disclosure: The authors declared that this study has received no financial support.

KAYNAKLAR

- Nielsen FH. Boron-an overlooked element of potential nutritional importance. *Nutr Today* 1988; 23: 4-7. [CrossRef]
- Yünlü K. Bor. 1st ed. Ankara: Değişim Yayınları; 2016.
- Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü Web Site: <http://www.boren.gov.tr/trErişim> Tarihi: 29.12.2016.
- European Food Safety Authority. Opinion of the scientific panel on dietetic products, nutrition and allergies on a request from the commission related to the tolerable upper intake level of boron. *EFSA J* 2004; 2: 1-9.
- Nielsen FH, Hunt CD, Mullen LM, Hunt JR. Effect of dietary boron on mineral, estrogen, and testosterone metabolism in postmenopausal women. *FASEB J* 1987; 1: 394-7.
- Yenmez N. Stratejik bir maden olarak bor minerallerinin Türkiye için önemi. *Coğrafya Dergisi* 2009; 19: 59-94.
- Uçkun Z. Esansiyel bir komponent: bor-borun günlük alımı ve fizyolojik etkileri. *J Turkish Sci Rev* 2013; 6: 119-23.
- Demirtaş A. Bor bileşikleri ve tarımda kullanım alanları. *Atatürk Üniv Ziraat Fak Derg* 2006; 37: 111-5.
- Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Yer Bilimleri Müzesi URL: <http://ybm.comu.edu.tr/v2/mobile/about.php>. Erişim Tarihi: 29.12.2016.
- World Health Organization. Boron in drinking-water report. Geneva, 1998, p. 1-12.
- Derun EM, Kıpçak AS, Ozdemir OD. The determination of the boron amounts of teas that are sold in Turkey by using the ICP boron in human health evidence for dietary recommendations and public policies, Proceedings of the World Congress on Engineering; Londra; 2010. p. 2277-9.
- Derun EM, Kıpçak AS, Ozdemir OD. The determination of the boron amounts of teas that are sold in Turkey by using the ICP-OES technique. *Int Rev Chem Eng* 2010; 2: 326-8.
- Ozbek N, Akman S. Determination of boron in Turkish wines by microwave plasma atomic emission spectrometry. *J Food Sci* 2015; 61: 532-5. [CrossRef]
- Simsek A, Velioglu S, Coskun AL, Saylı BS. Boron concentrations in selected foods from borate-producing regions in Turkey. *J Sci Food Agric* 2003; 83: 586-92. [CrossRef]
- Sungur S, Okur R. Using Azomethine-H method determination of boron contents of various foods consumed in Hatay region in Turkey. *Food Chem* 2009; 115: 711-4. [CrossRef]
- Simsek A, Korkmaz D, Velioglu A, Ataman YO. Determination of boron in hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties by inductively coupled plasma optical emission spectrometry and spectrophotometry. *Food Chem* 2003; 83: 293-6. [CrossRef]
- National Institutes of Health. URL: <https://dsl.nlm.nih.gov/dsl/>
- Naghii MR, Wall PM, Samman S. The boron content of selected foods and the estimation of its daily intake among free-living subjects. *J Am Coll Nutr* 1996; 15: 614-9. [CrossRef]
- Karadağ M, Türközü D. Diyetle bor alımının sağlık ile etkileşimi. *GUSBD* 2014; 3: 770-85.
- Trumbo P, Yates AA, Schlicker S, Poos M. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. *J Am Diet Assoc* 2001; 101: 294-301. [CrossRef]
- European Food Safety Authority. Scientific Opinion on the re-evaluation of boric acid (E 284) and sodium tetraborate (borax) (E 285) as food additives. *EFSA J* 2013; 11: 1-52.
- Dogan G, Sabah E, Erkal T. Borun çevresel etkileri üzerine Türkiye'de yapılan bilimsel araştırmalar. 19. Uluslararası Madencilik Kongresi; 9-12 Haziran 2015; İzmir, s. 425-31.
- Tosun E. Çeşitli örneklerdeki borun spektrofotometrik tayini. E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. 2010.
- Murray FJ. A comparative review of the pharmacokinetics of boric acid in rodents and humans. *Biol Trace Elem Res* 1998; 66: 331-41. [CrossRef]
- Park M, Li Q, Shcheynikov N, Muallem S, Zeng W. Borate transport and cell growth and proliferation. Not only in plants. *Cell Cycle* 2005; 4: 24-6. [CrossRef]
- Sutherland B, Woodhouse LR, Strong P, King JC. Boron balance in humans. *J Trace Elem Exp Med* 1999; 12: 271-84. [CrossRef]
- Naghii MR, Samman S. The effect of boron supplementation on its urinary excretion and selected cardiovascular risk factors in healthy male subjects. *Biol Trace Elem Res* 1997; 56: 273-86. [CrossRef]
- Ku WW, Chapin RE, Moseman RF, Brink RE, Pierce KD, Adams KY. Tissue disposition of boron in male Fischer rats. *Toxicol Appl Pharmacol* 1991; 111: 145-51. [CrossRef]

29. Kabu M, Akosman MS. Biological effects of boron. *Rev Environ Contam Toxicol* 2013; 225: 57-75. [\[CrossRef\]](#)
30. Kucukkurt I, Akbel E, Karabag F, Ince S. The effects of dietary boron compounds in supplemented diet on hormonal activity and some biochemical parameters in rats. *Toxicol Ind Health* 2015; 31: 255-60. [\[CrossRef\]](#)
31. Aysan E, Sahin F, Telci D, Erdem M, Muslumanoglu M, Yardımcı E, Bektaşoglu H. Mechanism of body weight reducing effect of oral boric acid intake. *Int J Endocrinol* 2013; 2013: 1-5. [\[CrossRef\]](#)
32. Ince S, Kucukkurt I, Cigerci IH, Fatih Fidan A, Eryavuz A. The effects of dietary boric acid and borax supplementation on lipid peroxidation, antioxidant activity, and DNA damage in rats. *J Trace Elem Med Biol* 2010; 24: 161-4. [\[CrossRef\]](#)
33. Kucukkurt I, Ince S, Demirel HH, Turkmen R, Akbel E, Celik Y. The effects of boron on arsenic-induced lipid peroxidation and antioxidant status in male and female rats. *J Biochem Mol Toxicol* 2015; 29: 564-71. [\[CrossRef\]](#)
34. Coban FK, Ince S, Kucukkurt I, Demirel HH, Hazman O. Boron attenuates malathion-induced oxidative stress and acetylcholinesterase inhibition in rats. *Drug Chem Toxicol* 2015; 38: 391-9. [\[CrossRef\]](#)
35. Pizzorno L. Nothing boring about boron. *Integr Med* 2015; 14: 35-48.
36. Demirci S, Doğan A, Karakuş E, Halıcı Z, Topçu A, Demirci E, Sahin F. Boron and poloxamer (F68 and F127) containing hydrogel formulation for burn wound healing. *Biol Trace Elem Res* 2015; 168: 169-80. [\[CrossRef\]](#)
37. Akgün Z, Yucel S, Kilic U, Aysan E, Sahin F, Musumseroglu M, et al. Protective effect of boron-based gel on radiation induced dermatitis in rats. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2015; 93: 514. [\[CrossRef\]](#)
38. Hunt CD, Herbel JL. Effects of dietary boron on calcium and mineral metabolism in the streptozotocin-injected, vitamin D3-deprived rat. *Magn Trace Elem* 1991; 10: 387-408.
39. Toker H, Ozdemir H, Yuce HB, Goze F. The effect of boron on alveolar bone loss in osteoporotic rats. *J Dent Sci* 2016; 20: 1-7. [\[CrossRef\]](#)
40. Hakki SS, Malkoc S, Dunder N, Kayis SA, Hakki EE, Hamurcu M, et al. Dietary boron does not affect tooth strength, micro-hardness and density, but affects tooth mineral composition and alveolar bone mineral density in rabbits fed a high-energy diet. *J Trace Elem Med Biol* 2015; 29: 208-15. [\[CrossRef\]](#)
41. Hakki SS, Bozkurt BS, Hakki EE. Boron regulates mineralized tissue-associated proteins in osteoblasts (MC3T3-E1). *J Trace Elem Med Biol* 2010; 24: 243-50. [\[CrossRef\]](#)
42. Dogan A, Demirci S, Bayir Y, Halici Z, Karakus E, Aydin A, et al. Boron containing poly-(lactide-co-glycolide) (PLGA) scaffolds for bone tissue engineering. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl* 2014; 44: 246-53. [\[CrossRef\]](#)
43. Pan HB, Zhao XL, Zhang X, Zhang KB, Li LC, Li ZY, et al. Strontium borate glass: potential biomaterial for bone regeneration. *J R Soc Interface* 2010; 7: 1025-31. [\[CrossRef\]](#)
44. Nielsen FH, Mullen LM, Gallagher SK. Effect of boron depletion and repletion on blood indicators of calcium status in humans fed a magnesium- low diet. *J Trace Elem Exp Med* 1990; 3: 45-54.
45. Moğaşanu GD, Bita A, Bejenaru LE, Bejenaru C, Croitoru O, Rau G, et al. Calcium fructoborate for bone and cardiovascular health. *Biol Trace Elem Res* 2016; 172: 277-81. [\[CrossRef\]](#)
46. Hunt CD. Boron. In: Coates PM, Blackman MR, Cragg GM, Levine M, Moss J, White JD, eds. *Encyclopedia of Dietary Supplements*. 2nd ed. New York: Marcel Dekker; 2010, p: 55-65. [\[CrossRef\]](#)
47. Nielsen FH. Update on human health effects of boron. *J Trace Elem Med and Biol* 2014; 28: 383-7. [\[CrossRef\]](#)
48. Cui Y, Winton MI, Zhang ZF, Rainey C, Marshall J, De Kernion JB, et al. Dietary boron intake and prostate cancer risk. *Oncol Rep* 2004; 11: 887-92.
49. Penland JG. Dietary boron, brain function, and cognitive performance. *Environ Health Perspect* 1994; 102: 65-72. [\[CrossRef\]](#)
50. Nielsen FH, Mullen LM, Nielsen EJ. Dietary boron affects blood cell counts and hemoglobin concentrations in humans. *J Trace Elem Exp Med* 1991; 4: 211-23.