

Borik Asit

Mustafa Cengiz¹

İsa Kıran²

Canan Vejselova Sezer³

Adnan Ayhancı⁴

Özet

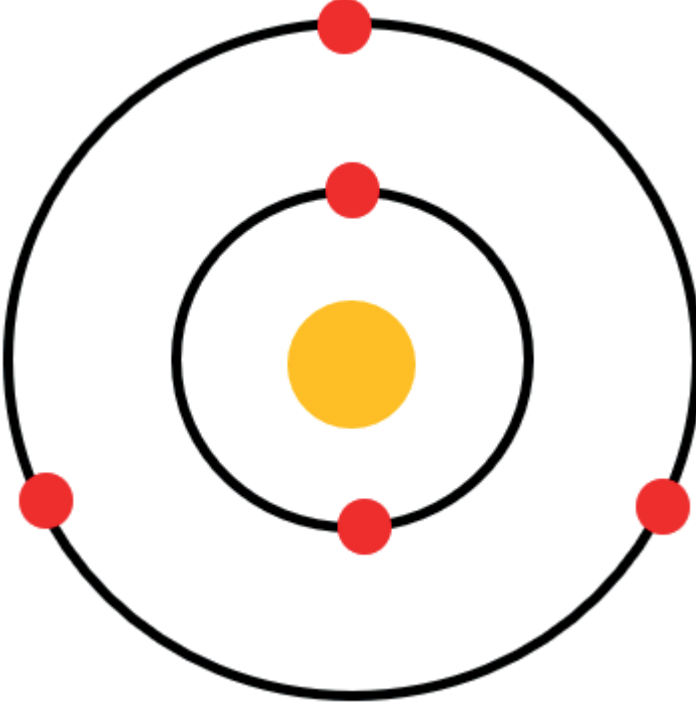
Bir element olarak bor ilk kez Tibet ve Mısır Medeniyetleri tarafından kullanılmıştır. Bor, IX. Araplar tarafından ilaç yapımında değerlendirilmiştir. Dünyada ilk sassolit kaynakları İtalya'da Tuscani'de, ülkemizde ise Balıkesir'de görülmüştür. Borik asit kolemanit ve sülfürik asit veya boraks-mineral asit tepkimesi sonucu oluşmaktadır. Doğada serbest olarak bulunamayan bor sert ve beyaz bir elementtir. Doğada bulunma hali mineraller şeklindedir. Borun farklı izotopları da doğada mevcuttur. Yüksek termal nötron yakalama kapasitesi nedeniyle ¹⁰B izotopu nükleer sanayiinde kullanılmaktadır. Ayrıca bor farklı elementler ile bileşik oluşturabildiğinden endüstrinin farklı alanlarında kullanıma sahiptir. Bor elementinin oksijen ile bağ yapmış bileşiklerden oluşan yatakları Türkiye'de oldukça fazla bulunmaktadır ve ekonomik önemleri yüksektir. Canlılar açısından değerlendirdiğimizde, bor organizmaya dışardan alınması gereken ve sağlık durumunun devamı için gerekli bir elementtir. Nötron yakalama özelliği ile sağlıklı hücrelere zarar vermeden kanser tedavisinde kullanılabilmesi borun sağlık alanındaki uygulamalarından sadece bir tanesidir. Bu bilgilerden yola çıkılarak, bu bölümde borik asidin yapısı, genel özellikleri, doğada bulunma şekli, uygulama alanları, organizmalardaki etkileri ve deneysel çalışmalar ve tıbbi açıdan kullanımına yer verilmiştir.

- 1 Siirt Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Siirt, TÜRKİYE
- 2 Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Eskişehir, TÜRKİYE
- 3 Eskişehir Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Eskişehir, TÜRKİYE
- 4 Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Eskişehir, TÜRKİYE

1. GİRİŞ

Bor elementinin ilk kez Tibet Medeniyeti tarafından kullanıldığı, Mısır Medeniyeti tarafından ise sağlık alanında uygulandığı, Arap Medeniyeti tarafından da IX. yüzyılda ilk kez ilaç yapımında kullanıldığı bilinmektedir. XVIII. yüzyılda İtalya'nın Tuscani bölgesinde sassolit kaynakları görülmüştür. Ülkemizde bilinen ilk bor elementi kaynaklarına Balıkesir'in Susurluk ilçesinde rastlanmış, bor elementinin işletilmesine yönelik çalışmalar ise XIX. yüzyılda yapılmıştır (Tenmak Boren, 2023). Borik asit, ortoborik asit olarak da bilinen bor elementinin zayıf bir asitidir. Kimyasal formülü H_3BO_3 veya $B(OH)_3$ olarak gösterilmektedir. Borik asit, kolemanitin ($Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$) sülfürik asit (H_2SO_4) ile tepkimeye girmesi sonucu oluşur ayrıca boraksın mineral asit ile tepkimeye girmesi de borik asit oluşumunu sağlar (Etimaden, 2023).

Bor sert ve beyaz bir elementtir. Diğer elementlere olan yüksek afinitesi nedeniyle serbest halde bulunmayan bor elementi bileşik oluşturarak tuz halinde bulunmaktadır. Doğada 200'den fazla bor minerali bulunmaktadır. Oksijen ile oluşturulan bileşiklerin genel adı borattır. Bor elementi periyodik cetvelin IIIA grubunda bulunan tek ametaldir. Simgesi "B" ile gösterilmektedir. Atom numarası 5, atom kütlesi 10.81 Da ve 2.84 g/cm^3 yoğunluğuna sahiptir (Naghii, 1999). Erime noktası $2200 \text{ }^\circ\text{C}$, kaynama noktası ise $4002 \text{ }^\circ\text{C}$ 'dir. Bor elementinin kararlı izotopları 10B ve 11B'dir. 11B izotopunun doğada bulunma oranı 10B izotopunun bulunma oranından daha fazladır. 10B izotopu yüksek termal nötron yakalama kapasitesine sahiptir dolayısıyla nükleer sanayide kullanılmaktadır. Türkiye'de 10B izotopunun yüksek miktarda bulunduğu bilinmektedir. Bor elementi diğer elementler ile bileşik oluşturabilme özelliğinden dolayı bor endüstrisinde farklı ürünlerin oluşmasına olanak sağlamaktadır. Sodyum kökenli boraks veya kalsiyum kökenli kolemanit bu bileşiklere örnektir. Bor elementi saf haliyle ilk kez Fransız kimyacılar Baron Louis Jacques Thenard ve Joseph Louis Gay-Lussac ile İngiliz kimyacı Sir Humphrey Davy tarafından 1808 tarihinde elde edilmiştir (Pehlivan, 2014; Tenmak Boren, 2023).



Şekil 1. Bor elementinin atomik gösterimi

Doğada bulunan borik asit (H_3BO_3) bir hidrojen borat örneği olup sassolit mineral olarak ilk kez İtalya'da üretilmiştir (Tenmak Boren, 2023). Ekonomik öneme sahip bor yatakları, oksijen ile bağ yapmış bileşikler olarak, Türkiye ve Amerika Birleşik Devletleri'nde bol miktarda bulunmaktadır. Türkiye'nin sahip olduğu bor kaynakları; Balıkesir/Bigadiç, Bursa/Kestelek, Eskişehir/Seyitgazi (Kırka) ve Kütahya/Emet'te yer almaktadır (Tenmak Boren, 2023). Bor elementinin yaygın olarak bulunduğu bölgeler; Akdeniz havzasından Orta Asya'ya uzanan bölgeler, A.B.D., Brezilya ve Çin'i içine alır (Smith ve McBroom, 2000; Kabu ve Akosman, 2013; Edwards, 2005).

Bor organizmada sentezlenmeyen dışardan alınması gereken bir elementtir. Seksenli yıllardan sonra borun insan sağlığı için gerekli olduğu ortaya konulmuştur. Nötron yakalama tedavisi ile sağlıklı hücrelere zarar vermeden kanser tedavisinde kullanılabilmesi buna örnek gösterilebilir (Tenmak Boren, 2023).

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE TIBBİ AÇIDAN BORİK ASİT

Bor elementi, canlılar için bir besin ögesi olarak tanımlanmaktadır. Canlı organizmada bor, metabolik faaliyetlerin düzenlenmesinde kullanılmaktadır. Borik asit; artrit, beyin hasarı, kanser ve inflamasyon gibi birçok fizyolojik sürecin tedavisinde alternatif seçenek olarak gösterilmektedir (Cengiz vd., 2022). Bor, doğada bileşikler olarak bulunmaktadır (Smith ve McBroom, 2000). Borun doğada bileşik oluşturduğu elementlerden biri de oksijendir. Bor elementinin dört oksijen atomuyla yapmış olduğu bileşik borat, üç oksijen atomuyla yapmış olduğu bileşik ise ortoborik asit (borik asit) olarak isimlendirilmektedir. Ayrıca, bor elementi oksijen ve hidroksil molekülüne karşı güçlü bir çekim kuvveti eğilindedir (Loomis ve Durst, 1992). Bor kimyasal yönüyle değerlendirildiğinde çok sayıda bileşen ile reaksiyona girebilmektedir. Bu durum bor elementinin birçok canlı organizmada enerji ve mineral metabolizmasında etkin olmasını sağlamaktadır (Nielsen, 1988). Bor elementi piridoksin, riboflavin, polisakkaritler ve piridin nükleotidleri ile reaksiyona girebilmektedir (Samman vd., 1998). Bor elementi doğada genel olarak borat şeklinde bulunan sedimanter kayalar, deniz suları ve toprakta çok miktarda bulunmaktadır. And dağlarında, Himalayalar ve Kaliforniya'da zengin maden yatakları şeklinde bulunmaktadır (Howe, 1998).

Borat formunda yüksek çözünürlük nedeniyle bor, canlı organizmalarda fazla bulunmaktadır (Argust, 1998). Bor elementi diğer elementlerden farklı olarak suda çözünebilir özelliğindedir. Canlıda çoğunlukla borik asit formunda bulunmaktadır (Sutherland vd., 1998; Montagner vd., 2023). Borik asit çeşitli organların yapısında farklı miktarlarda olmak üzere en çok kemikler, tırnaklar ve saç yapısında bulunmaktadır (Ku vd, 1991; Moseman, 1994; Newnham, 1991). Kemiklerdeki borik asit konsantrasyonu besin yoluyla alınan borik asit miktarına bağlıdır (Chapin vd., 1998). Vücut sıvıları değerlendirildiğinde ise tam kan ve serum örneklerine kıyasla idrarda borik asit içeriğinin en yüksek olduğu rapor edilmiştir (Abou-Shakra vd., 1989). İnsanlarda borik asit eksikliğinin belirtisi olarak, idrarda kalsiyum atılımının artması gösterilebilir (Samman vd., 1998). Borik asidin besin yolu ile vücuda alınmasında birçok kaynak bulunmaktadır. Esas olarak bitkilerden alınmakta olup (Bhasker vd., 2015), içme suyundan da alınabilmektedir (Hunt vd., 1991). Bitkiler, bor elementini topraktan borik asit şeklinde almaktadırlar (Brown ve Shelp, 1997; Newnham, 1977; Green ve Ferrando, 1994; Hunt vd., 1991; Nielsen, 1998; Biřa vd., 2022; Sizmaz vd., 2021).

Bor element seviyesinde insan vücudunda gastrointestinal sistemlerdeki mukoza duvarlarından, göz ve vajina bölgelerinden kolaylıkla emilebilmektedir

(Hunt, 1998; Tibbitts vd., 2000; Vanderpool ve Johnson, 1992; Sızmaç vd., 2021). Vücuttan atılma şekli ise idrar yoludur. Çok az bir kısmı ise ter, solunum veya diğer atılma mekanizmaları ile gerçekleşir (Samman vd., 1998; Clarke vd.,1987). Borik asit alımının aşırı olması durumunda, renal kontrol mekanizması ile homeostatik denge sağlanmaktadır (Sutherland vd., 1998). Dahası, oksidoredüktaz ve bazı serin proteaz enzimlerin *in vitro* etkilerini borik asit tarafından inhibe edildiği bildirilmiştir (Hunt, 2003; Power ve Woods, 1997).

Borik asit, immünolojik reaksiyonlar, insülin metabolizması ve enerji sistemlerinde aktif görev alan ayrıca canlı organizmaların çoğunda 20'den fazla enzimin etkinliğini sağlamaktadır. Oksidoredüktazlar, transferazlar, hidrolazlar ve izomerazlara dahil olan birçok enzim borik asit varlığında substratlarına bağlanarak etkinlik kazanmaktadırlar. Borik asit insülin salımı, bağışıklık mekanizması ve enzimatik regülasyonda görev üstlenmiştir (Hunt, 1998). Enzimatik reaksiyonlarda, hidroksilasyon tepkimelerinin borik asit varlığında gerçekleştiği rapor edilmiştir (Kabu ve Civelek, 2012). Borik asidin etkilediği bir enzim de melanin pigmentinden sorumlu tirozinazdır (Kılıç, 2022).

Borik asit, kalsiyum, magnezyum, fosfor ve kemik metabolizmasında rol oynayabileceği bildirilmektedir (Wilson ve Ruszler, 1996; Hunt ve Nielsen, 1981, Nielsen, 1990; Biç vd., 2022). Magnezyumun diyetle alınan borik asit miktarını değiştirebileceği ayrıca organizmanın almış olduğu borik asit, plazma kalsiyum seviyesi ve kemik mineralizasyonunda da artışa sebep olabileceği, yapılan bilimsel çalışmalarda belirlenmiştir (Nielsen vd., 1987; Estevez-Fregoso vd., 2023). Borik asit, kalsiyum seviyesini azaltabilmekte aynı zamanda D vitamini metabolizmasını etkileyerek hücre zarı fonksiyonlarını etkilemektedir (Samman vd., 1998).

Bor hidroksil yapı ile organik bileşik oluşturma afinitesine sahiptir. Bağlanma sonucu testosteron ve 17- β östradiol yapılarının oluşumu, steroid hormon yapısına hidroksil oluşumunu kapsamaktadır (Nielsen vd., 1987; Estevez-Fregoso vd., 2023). Borik asit steroid hormon halkalarının hidroksilasyonunu hızlandırmakta olup bazı hastalıkların önlenmesine yardımcı olabilmektedir. Ayrıca, borik asit insanlarda östrojen, testosteron ve iyonik kalsiyum seviyelerinde farklılaşma oluşturabilmekte ve D vitamini ve magnezyumun olumsuz etkilerine karşı koruma sağlamaktadır (Naghii ve Samman, 1997; Hunt ve Nielsen, 1981; Hunt vd., 1994; Nielsen vd., 1987; Nielsen, 1990).

Kemik hastalıklarında borik asit tedavisinin etkisi laboratuvar ve patolojik değerlendirmeler sonucunda ortaya konulmuştur (Güzel

vd., 2016). Organizmada yaşlanma sonucunda kemik yapısı olumsuz etkilenecek zayıflamaktadır. Yaşlanma sürecindeki kemik kaybının borik asit uygulaması nedenli kalsiyum ve magnezyum metabolizması hızını artırarak önenebileceği rapor edilmiştir (Nielsen ve Shuler, 1992; Miljkovic vd., 2009; Naghii vd., 2006). Buna ilaveten, borik asit osteoblast hücrelerinin proliferasyonunu teşvik etmektedir (Hakki vd., 2010). Besinlerle alınan borik asit miktarının azalması kemik dokularındaki bor miktarını azaltmaktadır (Moseman, 1994; Kot, 2009; Hakki vd., 2010; Gallardo-Williams vd., 2003; Nielsen, 2004). Romatoid artrit semptomlarının hafifletilmesinde borik asidin etkili olabileceği belirtilmiştir (Nielsen, 1988). Artritli dokulardaki borik asit seviyelerinin sağlıklı kemiklerde bulunan borik asit seviyelerinden daha az olduğu, ayrıca sinoviyal sıvı içerisinde borik asit miktarının sağlıklı bireylere kıyasla düşük oranda bulunduğu saptanmıştır (Newnham, 1991). Dahası, borik asit oksidatif hasarın etkilerini baskılayarak karaciğer fonksiyonlarının iyileşmesine yardımcı olabileceği belirtilmiştir (Kucukkurt vd., 2015). Karaciğerdeki lipid seviyelerinin azalmasını sağlayarak glikojen metabolizmasını da etkileyebilmektedir (Hunt ve Nielsen, 1988).

Bunlara ilaveten, borik asidin merkezi sinir sistemi işlevi için gerekli bir bileşen olduğu bilinmektedir (Basoglu vd., 2017). İnsanlarda ve bazı hayvan türlerinde elektriksel iletimin sağlanmasında borik asidin görev aldığı belirtilmiştir. Yapılan çalışmalarda bor seviyesindeki azalmanın elektriksel iletimi etkilediği sonucu rapor edilmiştir (Kabu ve Uyarlar, 2015). Bununla birlikte, borik asit takviyesi, ileri yaş grubunda psikomotor becerilerin ve kısa süreli hafıza gelişimini sağlarken aynı zamanda dikkat artışı ve zihinsel algı açıklığına da katkı sağlamaktadır (Penland, 1995; Soriano-Ursúa, 2014; Penland, 1998). İnsanlar üzerinde gerçekleştirilen çalışmalarda eksik bor alımı sonucunda beyin ve psikolojik dengenin olumsuz etkilenebileceği ifade edilmiştir (Penland, 1998). Uygun koşullarda alınmış borik asit takviyesinin motor bilişsel süreçleri, zihinsel algı açıklığını ve el becerilerini düzelterebileceği yaşlı erkek ve kadınlarda elektroensefalografi (EEG) bulguları ile gösterilmiştir (Penland, 1995; Penland, 1998). Ayrıca, düşük dozlarda borik asidin deneysel epilepside tedavi açısından etkili olabileceği ifade edilmiştir (Karademir ve Arslan, 2019). Ayrıca yapılan çalışmalarda borik asidin beyin için bir tedavi seçeneği olabileceği gösterilmiştir (Akkoyun vd., 2020).

Bor elementinin insan vücudundaki bir diğer etkisi de hormonlar üzerinedir (Nielsen vd., 1987; Naghii ve Samman, 1997; Samman vd., 1998; Nielsen, 2014). Borik asit, menopoza geçiren kadınlarda östrojen salınmasını artırabilir, cinsiyet hormonlarının düzenini olumlu yönde etkiler ve hormon replasmanına olan ihtiyacı da azaltma yönünde etki gösterebilir (Nielsen

vd., 1987; Sheng vd., 2001; Samman vd., 1998; Wu vd., 2021). Borik asidin kontraseptif ilaçlarla veya vajina etkenli durumlarda kullanılabileceği bildirilmiştir (Moore, 1997). İnsan diyet ile almış olduğu borik asidi, 17- β -östradiol, kalsitonin ve 25-hidroksikolekalsiferol gibi hormonların faaliyetlerini etkilemede kullanabilir, bu durumun hücre membran yapısı ile ilişkilendirebileceği mümkündür (Nielsen, 2000; Wu vd., 2021).

Borik asidin kollajen ve protein yapısı veya proteoglikanlar üzerinde etkinlik göstererek yaraların iyileşmesini kolaylaştırdığı rapor edilmiştir (Benderdour vd., 1998; Nzietchueng vd., 2002; Benderdour vd., 2000). Aynı zamanda keratinosit göçünü sağlayarak ve DNA çift iplikçiklerinde kırılma hatları oluşturarak yara iyileşmesi üzerinde hızlandırıcı aktivite gösterebilmektedir (Tepedelen vd., 2016).

Besin yoluyla alınan bor, natural killer ve T hücrelerinin proliferasyonunu artırmaktadır (Xiao vd., 2015). Borun immün yanıt ve bağışıklık sistemi ile ilişkisi lökositler tarafından salınan serin proteazların inhibisyonu, lökotrien salımının baskılanması, T hücrelerinin mekanizmalarını ve antikolları etkileme şeklinde açıklanabilir. Bu ilişkinin kanser tedavi protokollerinde de uygulanabileceği görüşü bulunmaktadır (Hunt, 1998; Sızmaç vd., 2021).

Borik asit, vücutta glutatyon kaynaklarını artırarak oksidanların nötr hale getirmektedir (Balabanlı ve Balaban 2015; Cao vd., 2008; Coban vd., 2015). İnsan kan örneklerinde katalaz ve süperoksit dismutaz enzimlerinin aktiviteleri borik asit varlığında artmaktadır (Türkez vd., 2007; Cengiz vd., 2022). Yapılan bir çalışmada, intraperitoneal olarak uygulanan borik asidin, renal iskemi reperfüzyon nedenli pankreas lipid peroksidasyonu üzerindeki etkilerini azalttığı belirtilmiştir (Şentürk vd., 2018). Bir diğer çalışmada, hepatoselüler karsinom hücre hattı üzerine uygulanan borik asidin antioksidan özelliği nedeniyle glutatyon peroksidaz enzimini etkileyerek terapötik bir ajan olma potansiyeli vurgulanmıştır (Çalışkan, 2023). Diyetle alınan borun seviyesinin oksidatif DNA hasarını azaltabileceği ifade edilmiştir (Yılmaz, 2014). Borik asidin antioksidan, antiinflamatuvar ve rejeneratif özelliklere sahip olması siklofosamid nedenli karaciğer hasarını önleyebilme etkisini açıklamaktadır (Cengiz vd., 2019; Önder vd., 2023). Ayrıca, borik asit antioksidan kapasitesi ile, oksidatif stres nedenli kalp hasarı ve nörotoksisitenin gelişiminde koruyucu role sahiptir (Gür vd., 2023; Yıldızhan vd., 2023; Cengiz, 2018).

Yapılan bilimsel çalışmalar sonucunda, borik asidin, insan prostat kanseri tedavisi üzerinde pozitif etkisinin olduğu gösterilmiştir (Barranco ve Eckhert, 2006; Barranco vd., 2009). Borik asidin anti kanser özelliği, Nikotinamid adenin dinükleotid (NAD) ile kalsiyum kanalı üzerindeki etkinliği ile

ilişkilendirilmektedir (Belenky vd., 2007; Pollak vd., 2007; Barranco vd., 2009; Henderson, 2009). Ayrıca, borik asit anti kanser etkinlik açısından *in vitro* ve *in vivo* araştırmalarda kullanılmaktadır. Araştırmalar sonucunda borik asidin meme (Barranco ve Eckhert, 2004, Kahraman ve Göker, 2023), kolon (Sevimli, 2018), medüller tiroid (Yıldırım, 2019; Ersöz, 2021) ve melanoma (Kılıç, 2022) gibi birçok kanserin tedavisinde alternatif seçenek oluşturma potansiyeli olduğu rapor edilmiştir.

Literatürde yer alan çalışma sonuçlarına dayanılarak borik asidin organizmaya alımı ve deneysel modellemeler ile faydalı etkileri gösterilmiştir. Gelecekte yapılacak olan çalışmalarla borik asidin birçok farklı etkisinin ortaya konulabileceği görülmektedir. Ülkemizde bol miktarda rezervi bulunan borik asidin etkinliğinin araştırılması ve ortaya konulması rezervlerin etkin kullanılabilmesi açısından önemlidir. Bu konuda yapılacak araştırmaların sonuçları ekonomi, bilim, enerji gibi birçok alanı etkileyebileceğinden ülkemizi doğal rezervlerin kullanımı ve milli ve yerli tedavi seçenekleri sunma konusunda daha üst seviyelere taşıyabilme potansiyelindedir.

KAYNAKLAR

- Abou-Shakra, F. R., Havercroft, J. M., and Ward, N. I (1989). *Lithium and boron in biological tissues and fluids*. Trace elements in medicine, 1989; 6, 142.
- Akkoyun, H.T., Bengu, A.Ş., Akkoyun, M. B., Ulucan, A., Izgi, M.S., Sahin, Ö., Ekin, S., Melek, Ş (2020). *Investigation of Protecting Effect of Boric Acid against Mercury II Chloride Toxicity in Rat Brain Tissue*. Türk Doğa ve Fen Dergisi, Sayı 2, Cilt 9, Sayfa 127-133. <https://doi.org/10.46810/tdfd.819741>
- Argust, P (1998). *Distribution of boron in the environment*. Biological trace element research, 66(1-3), 131–143. <https://doi.org/10.1007/BF02783133>
- Balabanlı, B., Balaban, T (2015). *Investigation into the Effects of Boron on Liver Tissue Protein Carbonyl, MDA, and Glutathione Levels in Endotoxemia*. Biological trace element research, 167(2), 259–263. <https://doi.org/10.1007/s12011-015-0301-z>
- Barranco, W. T., Eckhert, C. D (2004). *Boric acid inhibits human prostate cancer cell proliferation*. Cancer letters, 216(1), 21–29. <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2004.06.001>
- Barranco, W. T., Eckhert, C. D (2006). *Cellular changes in boric acid-treated DU-145 prostate cancer cells*. British journal of cancer, 94(6), 884–890. <https://doi.org/10.1038/sj.bjc.6603009>
- Barranco, W. T., Kim, D. H., Stella, S. L., Jr, Eckhert, C. D (2009). *Boric acid inhibits stored Ca²⁺ release in DU-145 prostate cancer cells*. Cell biology and toxicology, 25(4), 309–320. <https://doi.org/10.1007/s10565-008-9085-7>
- Basoglu, A., Baspınar, N., Tenori, L., Vignoli, A., Gulersoy, E (2017). *Effects of Boron Supplementation on Peripartum Dairy Cows' Health*. Biological trace element research, 179(2), 218–225. <https://doi.org/10.1007/s12011-017-0971-9>
- Belenky, P., Bogan, K. L., Brenner, C (2007). *NAD⁺ metabolism in health and disease*. Trends in biochemical sciences, 32(1), 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.tibs.2006.11.006>
- Benderdour, M., Hess, K., Dzondo-Gadet, M., Nabet, P., Belleville, F., Dousset, B (1998). *Boron modulates extracellular matrix and TNF alpha synthesis in human fibroblasts*. Biochemical and biophysical research communications, 246(3), 746–751. <https://doi.org/10.1006/bbrc.1998.8688>
- Benderdour, M., Van Bui, T., Hess, K., Dicko, A., Belleville, F., Dousset, B (2000). *Effects of boron derivatives on extracellular matrix formation*. Journal of trace elements in medicine and biology: organ of the Society for Minerals and Trace Elements (GMS), 14(3), 168–173. [https://doi.org/10.1016/S0946-672X\(00\).80006-1](https://doi.org/10.1016/S0946-672X(00).80006-1)

- Bhasker, T. V., Gowda, N. K. S., Pal, D. T., Bhat, S. K., Pattanaik, A. K (2015). *Boron profile in common feedstuffs used in tropical livestock systems*. Animal Feed Science and Technology 209, 280–285. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.08.003>
- Biță, A., Scorei, I. R., Bălșeanu, T. A., Ciocîlteu, M. V., Bejenaru, C., Radu, A., ... & Benner, S. A. (2022). New insights into boron essentiality in humans and animals. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(16), 9147.
- Brown. P. H., Shelp B. J (1997). *Boron mobility in plants*. Plant and Soil, 193: 85–101. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands. Chapter 7. A_1004211925160.pdf
- Cengiz, M (2018). *Ratlarda Siklofosfamid Nedenli Kardiyotoksisite Üzerine Borik Asitin Koruyucu Etkileri*. BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 2018 7(1)., 113-118. 10.17798-bitlisfen.415381-498097.pdf
- Cengiz, M., Yildiz, S. C., Demir, C., Şahin, İ. K., Teksoy, Ö., & Ayhanci, A. (2019). Hepato-preventive and anti-apoptotic role of boric acid against liver injury induced by cyclophosphamide. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 53, 1-7.
- Cengiz, M., Ayhanci, A., Akkemik, E., Şahin, İ. K., Gür, F., Bayrakdar, A., ... & Gür, B. (2022). The role of Bax/Bcl-2 and Nrf2-Keap-1 signaling pathways in mediating the protective effect of boric acid on acrylamide-induced acute liver injury in rats. *Life Sciences*, 307, 120864.
- Cao, J., Jiang, L., Zhang, X., Yao, X., Geng, C., Xue, X., Zhong, L (2008). *Boric acid inhibits LPS-induced TNF-alpha formation through a thiol-dependent mechanism in THP-1 cells*. *Journal of trace elements in medicine and biology: organ of the Society for Minerals and Trace Elements (GMS)*., 22(3)., 189–195. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2008.03.005>
- Chapin, R. E., Ku, W. W., Kenney, M. A., McCoy, H (1998). *The effects of dietary boric acid on bone strength in rats*. *Biological trace element research*, 66(1-3)., 395–399. <https://doi.org/10.1007/BF02783150>
- Clarke, W. B., Koekebakker, M., Barr, R. D., Downing, R. G., & Fleming, R. F (1987).. *Analysis of ultratrace lithium and boron by neutron activation and mass-spectrometric measurement of ³He and ⁴He*. *International journal of radiation applications and instrumentation. Part A, Applied radiation and isotopes*, 38(9)., 735–743. [https://doi.org/10.1016/0883-2889\(87\).90255-3](https://doi.org/10.1016/0883-2889(87).90255-3)
- Coban, F K., Ince, S., Kucukurt, I., Demirel, H. H., Hazman, O (2015).. *Boron attenuates malathion-induced oxidative stress and acetylcholinesterase inhibition in rats*. *Drug and chemical toxicology*, 38(4)., 391–399. <https://doi.org/10.3109/01480545.2014.974109>

- Çalışkan, B (2023). *Hepatoseliüler karsinom (HEPG2 hücre hattı) üzerinde borik asit uygulamasının glutatyon peroksidaz enzim aktivitesi üzerine etkisi*. [Yüksek Lisans Tezi, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü]. [http://C:/Users/isa/Downloads/789995%20\(2\)..pdf](http://C:/Users/isa/Downloads/789995%20(2)..pdf)
- Dembitsky, V. M., Al Quntar, A. A., Srebniak, M (2011).. *Natural and synthetic small boron-containing molecules as potential inhibitors of bacterial and fungal quorum sensing*. Chemical reviews, 111(1), 209–237. <https://doi.org/10.1021/cr100093b>
- Devirian, T. A., Volpe, S. L (2003).. *The physiological effects of dietary boron*. Critical reviews in food science and nutrition, 43(2), 219–231. <https://doi.org/10.1080/10408690390826491>
- Edwards, M (2005). *Boron in the environment*. Critical Reviews In Environmental Science and Technology 35(2), 81–114. <http://dx.doi.org/10.1080/10643380590900200>
- Ersöz, M (2021).. *Borik Asitin 8305C Anaplastik Tiroid Kanseri Hücrelerinde Antioksidan ve Anti-kanser Aktivitesi*. Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 10(2), 213 – 221.
- Estevez-Fregoso, E., Kilic, A., Rodríguez-Vera, D., Nicanor-Juárez, L. E., Romero-Rizo, C. E. M., Farfán-García, E. D., & Soriano-Ursúa, M. A. (2023). Effects of Boron-Containing Compounds on Liposoluble Hormone Functions. Inorganics, 11(2), 84.
- Etimaden (2023).. Borik asit. Erişim: <https://www.etimaden.gov.tr/storage/pages/March2019/1-borik-asit1.pdf> Erişim tarihi: 10.09.2023
- Gallardo-Williams, M. T., Maronpot, R. R., Turner, C. H., Johnson, C. S., Harris, M. W., Jayo, M. J., Chapin, R. E (2003).. *Effects of boric acid supplementation on bone histomorphometry, metabolism, and biomechanical properties in aged female F-344 rats*. Biol. Trace Elem. Res, 93 (1–3), 155–169. <https://doi.org/10.1385/btr:93:1-3:155>
- Green, N. R., Ferrando, A. A (1994).. *Plasma boron and the effects of boron supplementation in males*. Environmental health perspectives, 102 Suppl 7(Suppl 7), 73–77. <https://doi.org/10.1289/ehp.94102s773>
- Gür, F., Cengiz, M., Gür, B., Cengiz, O., Sarıçiçek, O., & Ayhanlı, A. (2023). Therapeutic role of boron on acrylamide-induced nephrotoxicity, cardiotoxicity, neurotoxicity, and testicular toxicity in rats: Effects on Nrf2/Keap-1 signaling pathway and oxidative stress. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 80, 127274.
- Güzel, Y., Golge, U. H., Goksel, F., Vural, A., Akcay, M., Elmas, S., Turkon, H., Unver, A (2016).. *The Efficacy of Boric Acid Used to Treat Experimental Osteomyelitis Caused by Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus: an In Vivo Study*. Biological trace element research, 173(2), 384–389. <https://doi.org/10.1007/s12011-016-0662-y>

- Hakki, S. S., Bozkurt, B. S., Hakki, E. E (2010).. *Boron regulates mineralized tissue-associated proteins in osteoblasts (MC3T3-E1)*.. Journal of trace elements in medicine and biology: organ of the Society for Minerals and Trace Elements (GMS)., 24(4)., 243–250. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2010.03.003>
- Hall, I. H., Spielvogel, B. F., Griffin, T. S., Docks, E. L., Brotherton, R. J (1989).. *The effects of boron hypolipidemic agents on LDL and HDL receptor binding and related enzyme activities of rat hepatocytes, aorta cells and human fibroblasts*. Research communications in chemical pathology and pharmacology, 65(3)., 297–317.
- Henderson, K., Stella, S. L., Kobylewski, S., Eckhart, C. D (2009).. *Receptor activated Ca(2+). release is inhibited by boric acid in prostate cancer cells*. PloS one, 4(6)., e6009. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006009>
- Howe, P. D (1998). *A review of boron effects in the environment*. Biological trace element research, 66(1-3)., 153–166. <https://doi.org/10.1007/BF02783135>
- Hunt, C. D. Nielsen, F. H (1981). *Interaction between boron and cholecalciferol in the chicks*. In: Gawthorne M. J., Howell, J. M., White, C. L. Eds. Trace Element Metabolism in Man and Animals, vol. 4. Canberra City: Australian Academy of Science, 1981, 597–600.
- Hunt, C. D., Nielsen, F. H (1988). *Dietary boron affects bone calcification in magnesium and cholecalciferol deficient chicks*. Trace Elements in Man and Animals, Springer US 6:275–276 https://doi.org/10.1007/978-1-4613-0723-5_85
- Hunt, C. D., Shuler, T. R., Mullen, L. M (1991).. *Concentration of boron and other elements in human foods and personal-care products*. Journal of the American Dietetic Association, 91(5)., 558–568.
- Hunt, C. D., Herbel, J. L., Idso, J. P (1994).. *Dietary boron modifies the effects of vitamin D3 nutrition on indices of energy substrate utilization and mineral metabolism in the chick*. Journal of bone and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research, 9(2)., 171–182. <https://doi.org/10.1002/jbmr.5650090206>
- Hunt, C. D (1998). *Regulation of enzymatic activity: one possible role of dietary boron in higher animals and humans*. Biological trace element research, 66(1-3)., 205–225. <https://doi.org/10.1007/BF02783139>
- Hunt, C. D (2003).. *Dietary boron: an overview of the evidence for its role in immune function*, The Journal of Trace Elements in Experimental Medicine, (2003). 16 (4)., 291–306. <https://doi.org/10.1002/jtra.10041>
- Kabu, M., Civelek, T (2012).. *Effects of propylene glycol methionine and sodium borate on metabolic profile in dairy cattle during periparturient period*. Revue De Medecine Veterinaire, 163(8–9)., 419–430.

- Kabu, M., Akosman, M. S (2013).. *Biological effects of boron*. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology 225, 57–75.
- Kabu M, Uyarlar C (2015). *The effects of borax on milk yield and selected metabolic parameters in Austrian Simmental (Fleckvieh). cows*. Veterinarni Medicina, 60(4)., 175–180. <https://vetmed.agriculturejournals.cz/pdfs/vet/2015/04/01.pdf>
- Kabu M, Uyarlar C, Żarczyńska K, Milewska W, Sobiech P (2015). *The role of boron in animal health*. Journal of Elementology, 20(2)., 535–541.
- Kahraman, E., & Göker, E. (2023). Boric Acid Treatment Strengthens the Cytotoxic Effect of Sorafenib on Triple Negative Breast Cancer Cell Lines. Celal Bayar University Journal of Science, 19(2), 137-141.
- Karademir, M., Arslan, G (2019).. *Borik asidin penisilin ile indüklenen deneysel epilepsi üzerine etkisi*. Cumhuriyet Medical Journal, Volume: 41, Number,1150-157. <http://dx.doi.org/10.7197/223.vi.543145>
- Kılıç, Ş (2022).. *Melanom hücre hatlarında borik asit uygulamasının tirozinaz enzim aktivitesi üzerine etkisinin incelenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü]. [http://C:/Users/isa/Downloads/778239%20\(2\)..pdf](http://C:/Users/isa/Downloads/778239%20(2)..pdf)
- Kot, F. S (2009).. *Boron sources, speciation and its potential impact on health*. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, 8 (1)., 3–28. DOI 10.1007/s11157-008-9140-0
- Ku, W. W., Chapin, R. E., Moseman, R. F., Brink. R. E., Pierce, K. D., Adams, K. Y (1991).. *Tissue disposition of boron in male Fischer rats*. Toxicology and Applied Pharmacology, Volume 111, Issue 1, October 1991, Pages 145-151. [https://doi.org/10.1016/0041-008x\(91\).90143-3](https://doi.org/10.1016/0041-008x(91).90143-3)
- Kucukkurt, I., Akbel, E., Karabag, E, Ince, S (2015).. *The effects of dietary boron compounds in supplemented diet on hormonal activity and some biochemical parameters in rats*. Toxicology and industrial health, 31(3)., 255–260. <https://doi.org/10.1177/0748233712469648>
- Loomis, W. D., Durst, R. W (1992).. *Chemistry and biology of boron*. BioFactors (Oxford, England)., 3(4)., 229–239.
- Macrae, R., Robinson, R. K., Sadler, M. J (1993).. *Encyclopaedia of food science, food technology, and nutrition*. Edition 2nd print, 440–447. <https://archive.org/search.php?query=external-identifier%3A%22urn%3Alcp%3A-encyclopaediaoff05macr%3Alcpdf%3A040be8d9-8bc9-45f9-9113-a2e-dc8e234d5%22>
- Miljkovic, D., Scorei, R. I., Cimpoişu, V.M., Scorei, I. D (2009).. *Calcium fructoborate: plant-based dietary boron for human nutrition*. Journal of dietary supplements, 6(3)., 211–226. <https://doi.org/10.1080/19390210903070772>
- Montagner, P. G., Dominici, S., Piaggi, S., Pompella, A., Corti, A (2023).. *Redox Mechanisms Underlying the Cytostatic Effects of Boric Acid on Can-*

- cer Cells-An Issue Still Open*. Antioxidants (Basel, Switzerland)., 12(6)., 1302. <https://doi.org/10.3390/antiox12061302>
- Moore, J. A (1997).. *An assessment of boric acid and borax using the IEHR Evaluative Process for Assessing Human Developmental and Reproductive Toxicity of Agents*. Expert Scientific Committee. Reproductive toxicology (Elmsford, N.Y.), 11(1)., 123–160. [https://doi.org/10.1016/s0890-6238\(96\).00204-3](https://doi.org/10.1016/s0890-6238(96).00204-3)
- Moseman, R. F (1994).. *Chemical disposition of boron in animals and humans*. Environmental health perspectives, 102 Suppl 7(Suppl 7)., 113–117. <https://doi.org/10.1289/ehp.94102s7113>
- Naghii, M. R., Samman, S (1997).. *The effect of boron on plasma testosterone and plasma lipids in rats*. Nutrition Research, 17(3)., 523– 531. [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(97\).00017-1](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(97).00017-1)
- Naghii, M. R., Samman, S (1997).. *The effect of boron supplementation on its urinary excretion and selected cardiovascular risk factors in healthy male subjects*. Biological trace element research, 56(3)., 273–286. <https://doi.org/10.1007/BF02785299>
- Naghii, M. R (1999).. *The significance of dietary boron, with particular reference to athletes*. Nutrition and health, 13(1)., 31–37. <https://doi.org/10.1177/026010609901300104>
- Naghii, M. R., Torkaman, G., Mofid, M (2006).. *Effects of boron and calcium supplementation on mechanical properties of bone in rats*. BioFactors (Oxford, England)., 28(3-4)., 195–201. <https://doi.org/10.1002/biof.5520280306>
- Newnham, R. E (1977).. *Mineral imbalance and boron deficiency*. In: Underwood, E.J., Ed. Trace Elements in Human and Animal Nutrition, 4th ed. New York, Academic Press, Inc, 400–402.
- Newnham, R. E (1991).. *Agricultural practices affect arthritis*. Nutrition and health, 7(2)., 89–100. <https://doi.org/10.1177/026010609100700204>
- Nielsen, F. H., Hunt, C. D., Mullen, L. M., Hunt, J. R (1987). *Effect of dietary boron on mineral, estrogen, and testosterone metabolism in postmenopausal women*. FASEB journal: official publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology, 1(5)., 394–397.
- Nielsen, FH (1988). *Boron-An Overlooked Element of Potential Nutritional Importance*. Nutrition Today, 88-1, 4-7. <https://doi.org/10.1097/00017285-198801000-00001>
- Nielsen, F H (1990).. *Studies on the relationship between boron and magnesium which possibly affects the formation and maintenance of bones*. Magnesium and trace elements, 9(2)., 61–69.
- Nielsen, F. H., Shuler, T. R (1992).. *Studies of the interaction between boron and calcium, and its modification by magnesium and potassium, in rats. Effects on*

- growth, blood variables, and bone mineral composition*. Biological trace element research, 35(3), 225–237. <https://doi.org/10.1007/BF02783768>
- Nielsen, F. H (1998). *The justification for providing dietary guidance for the nutritional intake of boron*. Biol. Trace Elem. Res, 66 (1–3), 319–330. <https://doi.org/10.1007/bf02783145>
- Nielsen, F. H (2000). *The emergence of boron as nutritionally important throughout the life cycle*. Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.), 16(7-8), 512–514. [https://doi.org/10.1016/s0899-9007\(00\).00324-5](https://doi.org/10.1016/s0899-9007(00).00324-5)
- Nielsen, F. H (2004). *The alteration of magnesium, calcium and phosphorus metabolism by dietary magnesium deprivation in postmenopausal women is not affected by dietary boron deprivation*. Magnes. Res, 17 (3), 197–210. https://www.jle.com/fr/revues/mrh/e_docs/the_alteration_of_magnesium_calcium_and_phosphorus_metabolism_by_dietary_magnesium_deprivation_in_postmenopausal_women_is_no_263873/article.phtml
- Nielsen, F. H., Meacham S. L (2011). *Growing Evidence for Human Health Benefits of Boron*. Journal of Evidence-Based Integrative Medicine, 16(3), 169–180. <https://doi.org/10.1177/2156587211407638>
- Nielsen F. H (2014).. *Update on human health effects of boron*. Journal of trace elements in medicine and biology: organ of the Society for Minerals and Trace Elements (GMS), 28(4), 383–387. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2014.06.023>
- Nzietchueng, R. M., Dousset, B., Franck, P., Benderdour, M., Nabet, P., Hess, K (2002).. *Mechanisms implicated in the effects of boron on wound healing*. Journal of trace elements in medicine and biology: organ of the Society for Minerals and Trace Elements (GMS), 16(4), 239–244. [https://doi.org/10.1016/S0946-672X\(02\).80051-7](https://doi.org/10.1016/S0946-672X(02).80051-7)
- Önder, G. Ö., Göktepe, Ö., Okur, E., Mat, Ö. C., Bolat, D., Balcıoğlu, E., Yay, A (2023).. *Boric Acid Ameliorates Liver Injury in Rat Induced by Cyclophosphamide*. Sakarya Med J, 2023;13(2), 210–216. <https://doi.org/10.31832/smj.1246705>
- Pehlivan, Y (2014).. *Geleceğin Elementi Bor*. Aydınlanma 1923, 47, 28–39.
- Penland, J. G (1995). *Quantitative analysis of EEG effects following experimental marginal magnesium and boron deprivation*. Magnesium research, 8(4), 341–358.
- Penland, J. G (1998). *The importance of boron nutrition for brain and psychological function*. Biological trace element research, 66(1-3), 299–317. <https://doi.org/10.1007/BF02783144>
- Pollak, N., Dölle, C., Ziegler, M (2007). *The power to reduce: pyridine nucleotides--small molecules with a multitude of functions*. The Biochemical journal, 402(2), 205–218. <https://doi.org/10.1042/BJ20061638>

- Power, P. P., Woods, W. G (1997).. *The chemistry of boron and its speciation in plants*, Plant and Soil 193 (1-2)., 1-13. http://C:/Users/isa/Downloads/A_1004231922434.pdf
- Ri, C. C., Mf, C. R., D, R. V., T, P. C., F, T. C., Ir, S., A, A. G., Ma, S. U (2023).. *Boron-Containing Compounds for Prevention, Diagnosis, and Treatment of Human Metabolic Disorders*. Biological trace element research, 201(5)., 2222-2239. <https://doi.org/10.1007/s12011-022-03346-9>
- Rotaru, P., Scorei, R., Harabor, A., Dumitru, M. D (2010). *Thermal analysis of a calcium fructoborate sample*. Thermochim Acta 506(1)., 8-13. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2010.04.006>
- Samman, S., Naghii, M. R., Lyons Wall, P. M., Verus, A. P (1998). *The nutritional and metabolic effects of boron in humans and animals*. Biological trace element research, 66(1-3)., 227-235. <https://doi.org/10.1007/BF02783140>
- Scorei, R., Mitrut, P., Petrisor, I., Scorei, I (2011). *A double-blind, placebo-controlled pilot study to evaluate the effect of calcium fructoborate on systemic inflammation and dyslipidemia markers for middle-aged people with primary osteoarthritis*. Biological trace element research, 144(1-3)., 253-263. <https://doi.org/10.1007/s12011-011-9083-0>
- Scorei, I. D., Scorei, R. I (2013). *Calcium fructoborate helps control inflammation associated with diminished bone health*. Biological trace element research, 155(3)., 315-321. <https://doi.org/10.1007/s12011-013-9800-y>
- Sevimli, M (2018).. *Borik asitin in vitro ortamda kolon kanser hücre hatları üzerine etkilerinin incelenmesi*. [Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü]. <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/268736>
- Sheng, M. H., Taper, L. J., Veit, H., Thomas, E. A., Ritchey, S. J., Lau, K. H (2001).. *Dietary boron supplementation enhances the effects of estrogen on bone mineral balance in ovariectomized rats*. Biological trace element research, 81(1)., 29-45. <https://doi.org/10.1385/BTER:81:1:29>
- Sizmaz, Ö. Z. G. E., Koksall, B., Tekeli, A., & Yildiz, G. (2021). Effects of boron supplementation alone or in combination with different vitamin D-3 levels on laying performance, eggshell quality, and mineral content and fatty acid composition of egg yolk in laying hens. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 30(3).
- Smith, R. A., McBroom R. B (2000).. *Boron Oxides, Boric Acid, and Borates*. <https://doi.org/10.1002/0471238961.0215181519130920.a01>
- Soriano-Ursúa, M. A., Farfán-García, E. D., López-Cabrera, Y., Querejeta, E., Trujillo-Ferrara, J. G (2014).. *Boron-containing acids: preliminary evaluation of acute toxicity and access to the brain determined by Raman scatter-*

- ring spectroscopy*. *Neurotoxicology*, 40, 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2013.10.005>
- Sutherland, B., Strong, P., King, J. C (1998).. *Determining human dietary requirements for boron*. *Biological trace element research*, 66(1-3), 193–204. <https://doi.org/10.1007/BF02783138>
- Şentürk, H., Kar, F., Hacıoğlu, C., Kanbak, G (2018).. *Renal İskemi-Reperfüzyon ile İndüklenmiş Oksidatif Stres Hasarının Pankreas Üzerine Etkisi: Doza Bağımlı Borik Asidin Rolü*. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg*, 21(6), 944-949. <http://DOI:10.18016/ksutarimdog.vi.430369>
- Tenmak Boren (2023).. *Bor elementi*. Erişim: <https://boren.tenmak.gov.tr/tr/calisma-alanlari/bor-elementi.html> Erişim tarihi: 10.09.2023
- Tenmak Boren (2023).. *Bor kullanım alanları*. Erişim: <https://boren.tenmak.gov.tr/tr/calisma-alanlari/kullanim-alanlari/saglik.html> Erişim tarihi: 10.09.2023
- Tenmak Boren (2023).. *Bor mineralleri*. Erişim: <https://boren.tenmak.gov.tr/tr/calisma-alanlari/bor-mineralleri.html> Erişim tarihi: 10.09.2023
- Tenmak Boren (2023).. *Bor rezervleri*. Erişim: <https://boren.tenmak.gov.tr/tr/calisma-alanlari/rezervler.html> Erişim tarihi: 10.09.2023
- Tenmak Boren (2023).. *Bor'un tarihçesi*. Erişim: <https://boren.tenmak.gov.tr/tr/calisma-alanlari/tarihce.html>, Erişim tarihi: 10.09.2023
- Tepedelen, B. E., Soya, E., Korkmaz, M (2016).. *Boric Acid Reduces the Formation of DNA Double Strand Breaks and Accelerates Wound Healing Process*. *Biological trace element research*, 174(2), 309–318. <https://doi.org/10.1007/s12011-016-0729-9>
- Tibbitts, J., Sambol, N. C., Fike, J. R., Bauer, W. F., Kahl, S. B (2000).. *Plasma pharmacokinetics and tissue biodistribution of boron following administration of a boronated porphyrin in dogs*. *Journal of pharmaceutical sciences*, 89(4), 469–477. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\).1520-6017\(200004\).89:4<469::AID-JPS4>3.0.CO;2-6](https://doi.org/10.1002/(SICI).1520-6017(200004).89:4<469::AID-JPS4>3.0.CO;2-6)
- Türkez, H., Geyikođlu, F., Tatar, A., Keleş, S., Ozkan, A (2007).. *Effects of some boron compounds on peripheral human blood*. *Zeitschrift fur Naturforschung. C, Journal of biosciences*, 62(11-12), 889–896. <https://doi.org/10.1515/znc-2007-11-1218>
- Wilson, J. H., Ruszler, P. L (1996).. *Effects of dietary boron supplementation on laying hens*. *British poultry science*, 37(4), 723–729. <https://doi.org/10.1080/00071669608417902>
- Wu, J., Li, B., & Lu, J. (2021). Life cycle assessment on boron production: is boric acid extraction from salt-lake brine environmentally friendly? *Clean Technologies and Environmental Policy*, 23(7), 1981-1991.
- Xiao, K., Ansari, A. R., Rehman, Z. U., Khaliq, H., Song, H., Tang, J., Wang, J., Wang, W., Sun, P. P., Zhong, J., Peng, K. M (2015).. *Effect of bo-*

ric acid supplementation of ostrich water on the expression of Foxn1 in thymus. Histology and histopathology, 30(11)., 1367–1378. <https://doi.org/10.14670/HH-11-595>

- Vanderpool R. A., Johnson P. E (1992).. *Boron isotope ratios in commercial produce and boron-10 foliar and hydroponic enriched plants*. J. Agric, Food Chem. 1992-40, 462-466. <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf00015a020>
- Yıldırım, O (2019).. *Borik asitin mediüller tiroid kanseri hücrelerinde invazyon, migrasyon, proliferasyon, apoptozis, hücre döngüsü ve miRNA'lar üzerine etkileri*. [Tıpta Uzmanlık Tezi, Pamukkale Üniversitesi / Tıp Fakültesi / İç Hastalıkları Ana Bilim Dalı]. <https://gcris.pau.edu.tr/bitstream/11499/28508/1/Onurcan%20TEZ%20son.pdf>
- Yıldızhan, E. Ülger, B. V., Gündüz, E. Akkuş, M. Bilge, H (2023).. *Effectiveness of Boric Acid in Preventing Acrylamide-Conducted Brain Damage in Rats*. J Cukurova Anesth Surg. 2023;6(1)., 92-7. <https://doi.org/10.36516/jocass.1239256>
- Yılmaz, S (2014).. *Borik asitin antioksidan aktivitesinin hücre kültüründe araştırılması*. [Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü]. Ankara Üniversitesi Akademik Arşiv Sistemi. <https://dspace.ankara.edu.tr/xmlui/handle/20.500.12575/86800>