



## **BORUN ANTİMİKROBİYEL ETKİLERİ VE GIDALARDA KORUYUCU OLARAK KULLANIM OLANAKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Sibel Başkan, Eda Kılıç Kanak\*, Suzan Öztürk Yılmaz**

Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye

Geliş / Received: 03.09.2021; Kabul / Accepted: 03.04.2022; Online baskı / Published online: 07.04.2022

Başkan, S., Kılıç Kanak, E., Öztürk Yılmaz, S. (2022). Borun antimikrobiyel etkileri ve gıdalarda koruyucu olarak kullanım olanaklarının değerlendirilmesi. GIDA (2022) 47 (3) 399-407 doi: 10.15237/gida. GD21120

Başkan, S., Kılıç Kanak, E., Öztürk Yılmaz, S. (2022). Antimicrobial effects of boron and evaluation of usage opportunities as a preservative in foods. GIDA (2022) 47 (3) 399-407 doi: 10.15237/gida.GD21120

### **ÖZ**

Canlılar için esansiyel bir element olan bor madeninin dünya üzerindeki en zengin rezerv potansiyeli Türkiye’de bulunmaktadır. Bor minerali, endüstri ve tarım başta olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır. Doğada çeşitli formlarda bulunan, topraktan bitkilere ve içme sularına transfer olan bor, insan vücuduna beslenme, solunum ve deri ile temas yollarıyla geçmektedir. Bor bileşiklerinin sağlık üzerindeki biyokimyasal ve metabolik etkileri oldukça fazladır. Bu çalışma borun insanlar, hayvanlar ve mikroorganizmalar üzerindeki olası etkilerinden yola çıkılarak gıda sanayisinde kullanımının araştırılmasını kapsamaktadır. Yapılan çalışmalara bakıldığında bor, gıda sanayisinde, gıdaların mikrobiyel bozulmalarının önlenmesi, besin ögesi açısından zenginleştirilmesi, tekstürel özelliklerinin geliştirilmesi, raf ömrünün arttırılması ve duyu özelliklerinin korunmasında kullanılmıştır. Ancak bununla ilgili daha kapsamlı çalışmaların ülkemizde yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Bor, gıda, sağlık.

## **ANTIMICROBIAL EFFECTS OF BORON AND EVALUATION OF USAGE OPPORTUNITIES AS A PRESERVATIVE IN FOODS**

### **ABSTRACT**

The world's richest resources of boron, an essential element for living things, are found in Turkey. Boron mineral is used in many fields, especially in industry and agriculture. Boron, which is found in various forms in nature and transferred from soil to plants and drinking water, enters human life through nutrition, breathing and skin. The biochemical and metabolic effects of boron compounds on health are quite high. This study covers the investigation of the use of boron in the food industry based on its possible effects on humans, animals and microorganisms. When we look at the studies, boron has been used in the food industry to prevent microbial spoilage of foods, to enrich them in terms of nutrients, to improve their textural properties, to increase shelf life and to protect their sensory properties. However, there is a need for more comprehensive studies on this subject in our country.

**Keywords:** Boron, food, health.

\* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author

✉: edakalic@sakarya.edu.tr

☎: (+90) 264 295 7441

☎: (+90) 264 295 5601

Sibel Başkan; ORCID no: 0000-0002-0344-2416

Eda Kılıç Kanak; ORCID no: 0000-0002-5880-8454

Suzan Öztürk Yılmaz; ORCID no: 0000-0001-5952-8385

## GİRİŞ

Periyodik cetvelin 3 A grubu elementi olan Bor (B), yarı iletken ve yarı metal özelliğe sahiptir. Atom numarası 5 olan bor, oksijen ile bağ reaksiyona girmeye yatkın bir element olduğundan dolayı doğada serbest halde bulunmak yerine farklı elementlerin oksitleri halinde, farklı bileşikler olarak bulunmaktadır (Aydın vd., 2018; Kılıçarslan, 2020). Bu bileşiklerden en önemli olanlar Kolemanit, Uleksit, Tinkal gibi sodyum veya kalsiyum boratlar olmakla birlikte, tabiatta yaklaşık 250 çeşit bor minerali olduğu bilinmektedir (Demirtaş, 2010). Toz ve kristal granüler halde bulunmasına karşın suda çok çabuk eriyebilirler. Bu bileşikler doğal bor ürünleri olarak sınıflandırılmaktadır ve birinci grubu oluşturmaktadır. Bunun yanında ikinci grup ise bor cevherinin ham veya konsantre hallerde hammadde olarak kullanılmasıyla; kurutma, çözme, kristalizasyon, filtrasyon gibi kimyasal işlemlerden geçirilmesi sonucu üretilen ürünler olan rafine bor ürünleridir. Borik asit, boraks pentahidrat, susuz boraks, bor oksit, boraks dekahidrat, sodyum oktaborat tetrahidrat (DOT) ve sodyum perborat bileşikleri bu grupta bulunmaktadır. Bu ürünler dünyada en çok üretilen ve tüketilen bor bileşikleri olmakla birlikte, birçok endüstride hammadde olarak kullanılmaktadır (Yakıncı ve Kök, 2016). Üçüncü grupta genellikle bor oksit veya borik asidin hammadde olarak kullanılmasıyla üretilen ürünler olan özel bor kimyasalları bulunmaktadır. Bu grupta en yaygın üretilen kimyasallar ferrobora, bor karbür, çinko borat, özel sodyum boratlar, bor nitrür, inorganik boratlar, elementer bor, bor hidrür, trimetil borat, bor halojenürler, bor azot bileşikleri, borik asit esterleri, organobor bileşikleri, fluoroborik asit ve fluoroboratlar olarak bilinmektedir (TMMOB, 2016).

Dünyada bor kaynaklarının dağılımına bakıldığında %73.8'lik bir paya sahip olan Türkiye birinci sıradadır (Emir, 2017; Kılıçarslan, 2020). Ülkemizdeki bor yatakları Balıkesir, Bursa, Eskişehir ve Kütahya'da bulunmaktadır (Mermer, 2018). Türkiye'de bor rezervleri işletilmek yerine genellikle ham madde olarak başka ülkelere ihraç edilmektedir. Bundan dolayı bor, ülkemizden

ihraç edilen maden ürünleri arasında ilk sıradadır (Deliboran, 2020).

Zamanla değişen ve gelişen Ar-Ge sistemi, bor rezervlerini diğer ülkelere satmak yerine katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülerek satılmasını daha mantıklı hale getirmiştir. Bu düşünce doğrultusunda yapılacak çalışmaların daha etkin değerlendirilebilmesi amacıyla 2003 yılında Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü (BOREN) kurulmuştur. Bu tarihten itibaren ülkemizde bor ile ilgili yapılan çalışmalar TÜBİTAK ve BOREN tarafından etkin olarak desteklenmektedir (Özaslan, 2017).

Ülkemizde ve dünyada sürekli olarak yaşam standartlarının yükselmesi ve teknolojinin gelişmesi, bor bileşiklerine olan ihtiyacı ve dolayısıyla talebi arttırmıştır. Teknolojik gelişmeler sonucu bor madeni için farklı kullanım alanları meydana gelmekte ve bu ürünlerin üretimi söz konusu olmaktadır. Bor bileşikleri, normal şartlarda canlıların sağlığı ve çevre güvenliği açısından risk oluşturmaması, bazı kullanım alanlarında ikamesinin olmaması veya bazı durumlarda farklı ikamelerine kıyasla daha avantajlı olması sebebiyle dünyadaki birçok doğal kaynağa göre daha fazla öneme sahiptir (TMMOB 2016; Özaslan, 2017).

Çeşitli bor bileşikleri; makine sanayisi, otomobil sanayisi, askeri alan ve zırhlı araçların üretimi, uzay ve havacılık sanayisi, elektronik ve bilgisayar sanayisi, nükleer sanayisi, enerji sektörü, kimya, kozmetik ve ilaç sanayisi, plastik, kağıt ve kauçuk sanayisi, metalurji sanayisi, cam ve seramik sanayisi, tekstil sektörü, tarım sektörü, tıp alanlarında başarıyla kullanılmaktadır. Borun kullanım alanlarının çok çeşitli olması ve ülkemizin bor rezervi bakımından dünyada ilk sırada yer alması, Türkiye için ulusal ve uluslararası alanlarda etkin olarak değerlendirilmesi gereken bir fırsat niteliği taşımaktadır (TMMOB, 2016; Kılıçarslan, 2020).

## DOĞADA BULUNMA KAYNAKLARI VE VÜCUDA ALIM YOLLARI

Bor havada ortalama 20 ng/m<sup>3</sup>, deniz suyunda 4.6 mg/L, toprakta olarak 5-150 mg/kg ve yer kabuğunda 10 mg/kg miktarında bulunur (Uçkun, 2013). Bor toprak ve sudan bitkilere, bu

vasıtalarda da insan ve hayvanlara geçer (Yakıncı ve Kök, 2016). İnsan vücuduna ağız, solunum ve deri yoluyla girebilmektedir. Vücuda alınan bor miktarının yaş ve cinsiyete göre değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda, besinlerle alınan borun erkeklerde bayanlara göre daha fazla olduğu ve yaş ilerledikçe bor alımının daha fazla olduğu belirtilmiştir (Özaslan, 2017).

Araştırmalara göre vücuda alınan günlük bor miktarı, diyetle yer alan gıdaların bor içeriğiyle doğru orantılıdır. Sağlık açısından borun ana kaynağını bitkisel ürünler oluşturur (Yakıncı ve Kök, 2016).

Literatüre göre, borca zengin olan gıdalar arasında yeşil yapraklı sebzeler (1-6 ppm), bazı meyveler, kuru baklagiller (10-45 ppm) ve kabuklu yemişler yer almaktadır. Balık, et ve süt ürünleri ise bor bakımından fakir olmasına rağmen süt ve ürünleri beslenme düzenimizde daha fazla yer aldıkları için günlük diyetle bor alınmasına büyük ölçüde katkı sağlaması mümkündür (Kuru vd., 2019; Demircan ve Velioglu, 2020). Gıda ürünlerinde ve içme sularında çok az miktarda bor bulunmaktadır. Yetişkin bir insanın günde 1-13 mg bor almasında bir sakınca görülmediği gibi, günlük 3 mg bor alımı yeterli görülmüştür (Mermer, 2018). Günlük diyetle bu dozu alamayan kişilerin yeterli ve dengeli beslenme amacıyla günde 3 mg elementel boru gıda takviyesi olarak almaları önerilmiştir. Borun metabolizmaya alınmasında en fazla kullanılan formları bor sitrat, bor glisinat, sodyum borat ve bor aspartat olarak belirtilmiştir (Alan, 2017; Demir ve Cicioğlu, 2019; Aslan ve Ayaz, 2019; Özenoğlu vd., 2021).

### **BOR METABOLİZMASI**

Yetişkinler için günlük ortalama bor alımları erkeklerde, kadınlarda, vejeteryen erkek ve kadınlarda sırasıyla 1.17, 0.96, 1.47 ve 1.29 mg/gün olarak belirtilmiştir (Demircan ve Velioglu, 2020). Bor bileşikleri beslenme yoluyla vücuda alındığında, sindirim sistemimizde hızlı bir biçimde parçalanarak borik asit formuna dönüştürülür ve biyolojik formları su, kan ve tükürük gibi fizyolojik sıvılarda çözünerek kan aracılığı ile dokulara dağılır. Günlük diyet ile veya gıda takviyesi olarak vücuda aldığımız bor bileşiklerinin %84-95'inin vücuttan atılması idrar

ile olmaktadır. Geri kalan kısmı vücut tarafından emilir ve emilen bor bileşiklerinin saç, kıl, kemik, diş, tırnak, dalak ve karaciğer gibi organlarda biriktiği bilinmektedir (Parlatan, 2018; Deliboran, 2020).

### **BOR VE SAĞLIK**

İnsanların yaşamlarını sağlıklı bir şekilde sürdürmesi için gereken fiziksel aktiviteyi sağlaması, düzen alışkanlığı geliştirilmesi ve sağlıklı beslenmeyi alışkanlık haline getirmesi gereklidir. Sağlıklı beslenmedeki hedef; yeterli ve dengeli beslenmenin sağlanmasıdır (Aslan ve Ayaz, 2019).

Bor bileşiklerinin 1980'li yıllara kadar yalnızca bitkiler için önemli olduğu düşünülmekteydi. Ancak sonralarda yapılan araştırmalar, borun aslında insan sağlığı açısından da çok yararlı bir element olduğunu ortaya koymuştur (Demirtaş, 2010).

Öncelikle hücresel düzeyde bakılacak olursa, borun yaptığı görevler; metabolik aktivitelerin desteklenmesi, hücre membranı işlevlerine yardımcı olunması ve hücre duvarına sahip canlılarda duvar yapısının desteklenmesi olacak şekilde 3 ana başlıkta toplanabilir (Güneş vd., 2017; Parlatan, 2018).

Borun vücutta vitamin D ve kalsiyum minerallerinin düzenlenmesinde rol oynadığı dikkat çekmektedir. Magnezyum ve Kalsiyumun vücuttan kaybını ve azalmasını önlemek yoluyla, diş ve kemiklerin yapısını koruduğu ve artrit ağrılarını azalttığı belirlenmiştir (Yin vd., 2018, Söğüt ve Acar, 2020).

Bor, hücrelerdeki indirgenmiş glutatyon miktarını arttırarak oksidatif stresi ve bunun sonucunda oluşabilecek oksidatif hasarı azaltmaktadır (Söğüt ve Acar, 2020). Yara iyileşmesi, iltihabın giderilmesi ve bağışıklık üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır. Gentamisin tedavisi sırasında kanda hemoglobinin düzeyinin azalmasını önlediği tespit edilmiştir (Kuru ve Yarat, 2017; Durmuş vd., 2018; Acaroz vd., 2019). Göz iltihaplanmalarında sterilizasyon aracı olarak kullanıldığı bildirilmiştir (Yakıncı ve Kök, 2016).

Birçok çalışma borun östrojen, tiroid hormonu, insülin, progesteron, steroid ve testosteron seviyelerini olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Aynı zamanda ataroskleroza karşı koruyucu rol oynadığı bilinmektedir. Bor bileşiklerinin kanser hücrelerine karşı sitotoksik etki gösterdiği ve bazı kanser türlerinin gelişmesine karşı koruyucu olduğu yönünde bulgulara rastlanmaktadır. İnsanlar üzerinde yapılan çalışmalarda, artan bor alımı ile beraber akciğer kanseri, prostat kanseri ve anormal servikal sitopatoloji riskinin azaldığı tespit edilmiştir (Kuru ve Yarat, 2017; Aydın vd., 2018; Çelik vd., 2020; Söğüt ve Acar, 2020; Ersöz, 2021).

Bor bileşiklerinin zihinsel performans ve beyin fonksiyonları üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir. Günlük diyetle yeterli düzeyde bor alınmadığı durumlarda insanların el-göz koordinasyonunun bozulduğu, dikkat ve algılamının azaldığı, ayrıca uzun ve kısa süreli hafızanın önemli düzeyde bozulduğu görülebilmektedir (Aydın vd., 2018). Takviye edici gıda şeklinde bor alındığında küçük yaşta çocuklarda okul becerileri ve öğrenme yeteneklerinin arttığı, sportif performansın ve atletik vücut yapısının geliştiği gözlenmiştir. Riboflavin (Vitamin B2), Magnezyum ve Kalsiyum içerecek şekilde, mineral ve vitaminler ile dengeli şekilde alındığında borun olumlu etkisinin daha fazla olacağı belirtilmiştir (Demirtaş, 2010).

Ayrıca borun antioksidan enzim aktivitesini arttırdığı ve kollajen enzimlerini etkileyerek erken yaşlanmayı önleyici etkileri bulunmaktadır (TMMOB, 2016). Bor bileşikleri eklem iltihabı, osteoporoz, halsizlik, bazı sinir hastalıkları ve depresyon gibi rahatsızlıkların tedavisi için de kullanılmaktadır (Acaröz, 2017). Sağlık alanında borun kanser tedavisinden obeziteye kadar çok önemli bir yere sahip olduğu ifade edilmektedir (Yakıncı ve Kök, 2016).

### **ZARARLI ETKİLERİ VE TOKSİSİTESİ**

Literatüre bakıldığında, bor bileşiklerinin insanlar üzerindeki zararlı ve toksik etkilerini belirlemek için yapılmış çok fazla çalışma olmamasına rağmen, yapılmış olan çalışmalar yiyecekler ve

içme suyu ile alınan normal düzeylerde borun sağlığı olumsuz etkilemediğini göstermiştir.

Yapılan araştırmalar sonucunda borun toksik etkisinin çok düşük olduğu belirtilmiştir. Borik asit için belirlenen en düşük letal doz insanlarda oral yolla alımda 640 mg/kg, deriden emilim yoluyla alımda 8600 mg/kg ve enjeksiyon ile alımda 29 mg/kg olarak kabul edilmiştir (Özaslan, 2017). 15-30 g boraks veya 2-5 g borik asit doğrudan alındığında akut etkileri meydana gelmektedir. Günlük 5-10 g boraks alımının olması durumunda, kronik olarak protein mekanizmasının etkilendiği ve idrardaki azot miktarının arttığı görülmüştür.

Bor bileşiklerinin vücuda fazla alınması durumunda olası toksik etkileri yetişkin bireylerde, kusma, ishal, baş ağrısı, heyecan veya depresyon; çocuklarda ise havale, koma gibi beyin zarı tahribatı gibi etkiler görülür. Ancak normal beslenme düzeninde yiyecekler ve içme suyu ile alınan bor miktarının, belirtilen limitleri aşması mümkün olmamaktadır (Özaslan, 2017; Demirtaş, 2010; Topal vd., 2017).

### **ANTİMİKROBİYEL ETKİLERİ VE BOR İÇEREN BİYOAKTİF BİLEŞİKLER**

Bor bileşiklerinin antimikrobiyel etkilerinin araştırılması amacıyla yapılan çalışmalarda bazı bor bileşiklerinin antibakteriyel, bazılarının antifungal etkilerinin olduğu tespit edilmiş olup, bu özelliklerinden dolayı ilaç endüstrisinin ilgi alanı haline gelmiştir (Acaröz, 2017). Aşağıdaki çizelgede borun antimikrobiyel özelliklerine dair bazı çalışmaların sonuçları özetlenmiştir.

### **GIDA ÜRÜNLERİNE KATILMA OLANAKLARI**

Beslenme, kişinin hayatı boyunca yaşamsal fonksiyonlarını devam ettirebilmesi, sağlıklı ve üretken olarak yaşayabilmesi, büyüme ve gelişmesi için gerekli olan besinleri vücuduna alıp kullanmasıdır. Vücudun gereksinim duyduğu bütün besin maddelerinden dengeli ve yeterli miktarlarda olacak şekilde ve uygun zamanda tüketilmesi sağlıklı beslenme olarak tanımlanır (Özenoğlu vd., 2021). Gıdaların vücuda besin ve enerji sağlama fonksiyonlarına ek olarak, fizyolojik süreçlere olumlu etki ederek, sağlığa katkı sağlayabilen ve bu özellikteki biyoaktif

kimyasalları yapısında bulunduran besinler fonksiyonel gıda olarak değerlendirilmektedir (Aslan ve Ayaz, 2019).

Çizelge 1. Bor bileşiklerinin mikroorganizmalar üzerindeki etkileri

Bileşik	Mikroorganizma	Etki	Kaynak
Borik asit	<i>Enterococcus faecalis</i>	Antibakteriyel	(Zan vd., 2013)
Potasyum tetraborat	<i>Botrytis cinerea</i>	Antifungal	(Qin vd., 2010)
Etidot-67 ve boraks dekahidrat	<i>Penicillium expansum</i>	Antifungal	(Erper vd., 2019)
Borik asit	<i>Listeria monocytogenes, Staphylococcus aureus</i>	Antibakteriyel	(İlhan vd., 2019)
Borik asit	İdrarda bulunan tüm bakteri ve funguslar	Antibakteriyel, antifungal	(Meers ve Chow, 1990)
Borik asit ve kalsiyum askorbatoborat esterleri	<i>Staphylococcus aureus</i>	Antibakteriyel	(Tutulescu vd., 2018)
Borik asit ve asetik asit karışımı	<i>Staphylococcus pseudintermedius</i>	Antibakteriyel	(Haesebrouck vd., 2009)
Sodyum tetrafloroborat ve Potasyum tetrafloroborat	<i>Xanthomonas axonopodis pv. Phaseoli</i>	Antibakteriyel	(Gedük vd., 2020)
Dioksaborepin	<i>Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa</i>	Antibakteriyel	(Pir, 2021)
	<i>Enterococcus faecalis, Escherichia coli</i>	Antibakteriyel	
Amoksisilin + Bor katkılı Hidroksiapetit	<i>Staphylococcus aureus, Escherichia coli, Klebsiella pneumoniae</i>	Antibakteriyel	(Çakır, 2018)
Boromisin	Bazı mantar ve protozoa türleri ve gram (+) bakteriler	Öldürücü etki	(Sağlam vd., 2013; Sögüt ve Acar, 2020)
Orgonabor	<i>C. albicans</i> ve <i>Candida glabrata</i>	Öldürücü etki	(Larsen vd., 2018)
Borik asit kinolin esterleri	<i>Prevotella intermedia, Porphyromonas gingivalis, Eubacterium nodatum</i> ve <i>Treponema denticola</i>	Öldürücü etki	(Dibek vd., 2020; Sağlam vd., 2013; Luan vd., 2008)
Aplasmomisin	Gram (+) bakteriler	Antibakteriyel	
Boromisin	HIV, protozoalar ve Gram (+) bakteriler	Antiviral, antifungal ve antibakteriyel	
Tartrolon	<i>Staphylococcus aureus</i>	Bakterisidal	
Tartrolon E	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Antibakteriyel	(Dibek vd., 2020)
	<i>Staphylococcus aureus</i>	Antibakteriyel	
Borteozomib		Antikarsinojen	
Tavaborole	<i>Trichophyton mentagrophytes</i>	Antifungal	
Vaborbaktam	<i>Enterobacteriaceae</i>	Antibakteriyel,	
Benzoksaborol	<i>Trichophyton rubrum, T. mentagrophytes</i> ve <i>Epidermophyton floccosum</i>	Antifungal	
Akoziborol	<i>Trypanosoma brucei</i>	Antiprotozoal	
Borik asit	<i>Candida albicans</i>	Antifungal	(Larsen vd., 2018)
Borik asit Sodyum pentaborat Disodyum oktaborat	<i>Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa,</i>	Antibakteriyel	
Borik asit Sodyum pentaborat Disodyum oktaborat	<i>C. albicans, Aspergillus niger</i>	Antifungal	(Argın vd., 2019)

Bor gıda sanayisinde, gıdaların mikrobiyel bozulmalarının önlenmesi, besin ögesi açısından zenginleştirilmesi, tekstürel özelliklerinin geliştirilmesi, raf ömrünün arttırılması ve duyuşal özelliklerinin korunmasında başarılı bir şekilde kullanılmıştır. Gıda sanayisinde bor kullanılırken gıdanın içeriği ve yapısı, borun formu ve kullanım düzeyine (0.16 mg boron/kg) dikkat edilmelidir. Ayrıca borun gıdada parçalanmasında açığa çıkan bileşenlerin insan sağlığı açısından önemi dikkate alınmalı buna göre katkı maddesinin yasal spesifikasyonları oluşturulmalıdır (Güney ve Gökmen, 2019).

Bunu düzenlemek amacıyla bazı gıdalarda borik asidin kullanımıyla ilgili mevzuat ve sınırlamalar mevcuttur. Örneğin Türk Gıda Kodeksi Katkı Maddeleri Yönetmeliği'nde borik asidin mersin balığı yumurtasında 4000 ppm kadar kullanımına müsaade edilmiştir (Anonymous, 2013). Avrupa'da ise su ürünlerinde Codex Alimentarius Commission (CAC) 2014'e göre bor kullanılması yasaklanmıştır (CAC, 2014). Bu katkı maddelerinin kullanımında tüketici sağlığı ve insanların günlük alım düzeyleri (ADI) mutlaka dikkate alınması gerekir (EFSA, 2013; FAO, 2019).

1870 yıllarında borik asit ve boraks bileşiklerinin gıdalarda mikrobiyolojik bozulmaları engellemek için kullanılabileceği keşfedilmiştir. Borat kullanımı, et ve süt ürünleri ile balığın mikrobiyolojik olarak korunması için en iyi yöntemlerden biri olarak görülmüştür (Demircan ve Velioğlu, 2020).

Ülkemizde borik asidin et ve süt ürünlerinde kullanımıyla ilgili çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Yapılan bu çalışmalarda özellikle bazı et ve süt ürünlerinin raf ömrünün %25 uzadığı tespit edilmiş, ayrıca aynı çalışmada borun insan sağlığı açısından da önemli olduğu ve özellikle kanser vakaları gibi önemli hastalıkların önlenmesinde umut verici olduğu vurgulanmıştır (Shuler vd., 1990; Hunt vd., 1991; Demirtaş, 2010).

Borik asit turuncgillerde antifungal, meyvelerde küf önleyici olarak kullanılmıştır (Güney ve

Gökmen, 2019). Yetiştirme süresince çileklerde Kalsiyum+Bor uygulamasının raf ömrü boyunca meyve eti sertliğinin ve rengin korunmasında ve fitokimyasal değişimleri üzerine olumlu yönde katkı sağladığı tespit edilmiştir (Özkaya vd., 2017).

Son yıllarda bor bileşiklerinin, yenilebilir jelatin film ambalajların üretiminde antimikrobiyel ajan olarak başarılı bir şekilde kullanılabileceği tespit edilmiştir (Argın vd., 2019)

Amerika Gıda Takviyesi Veri Tabanı (The Dietary Supplement Label Database) verilerine göre, 2357 gıda takviyesi üründe bor bulunduğu bilinmektedir. Gıda endüstrisinde borun kullanım formlarından bazıları, bor sitrat, kalsiyum fruktoborat, bor glisinat şelatları, bor askorbat, bor aspartat ve sodyum borat şeklindedir (Kuru ve Yarat, 2017).

## SONUÇ

Bor, sağlık sektöründen kimya alanına kadar oldukça fazla alanda kullanılan bir elementtir. Buna rağmen bor hakkında yapılan çalışmalar ve edinilen bilgiler, diğer elementlere göre nispeten sınırlıdır. Bunun yanında borun canlılar için esansiyel bir element olması ve birçok önemli fonksiyonu üstlenmesi sebebiyle, bor içeren bileşikleri üzerine yapılan çalışmalar da merak uyandırmaktadır.

Araştırmalarda, bor bileşiklerinin bazı bakteri ve maya türlerinde antimikrobiyel etkilerinin olduğu görülmektedir. Bununla birlikte bazı bakteri türlerinin ürettiği biyoaktif bileşikler antifungal ve antiprotozoal etkiler göstermektedir. Bor bileşiklerinin bazı kullanımalarında ise gıdalarda meydana gelebilecek fizikokimyasal deformasyonu önleyebildiği ve bor içeriği arttırılmış bitkisel ürünlerde raf ömrünün arttırıldığı rapor edilmiştir. Bu sonuçlar, bor bileşiklerinin gıdalarda meydana gelebilen mikrobiyolojik ve fizikokimyasal bozulmaları önleyerek gıdaların raf ömrünü uzatması hususunda umut vadetmektedir.

Borun insan sağlığına çok sayıda katkısının bulunduğu ve hayvansal ürünlerde bitkisel ürünlere nazaran çok düşük düzeylerde bor

bulunduğu göz önüne alındığında, borla zenginleştirilmiş ürünler hem gıda güvenliğini garanti edecek hem de bor içeriği bakımından fakir gıda ürünlerinin verimliliğini arttıracaktır. Böylece katma değeri daha yüksek gıda ürünleri elde edilebilecektir.

Halihazırda denemesi yapılan bazı örnekler olmakla birlikte, bu konuda daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Ülkemizde yapılan akademik çalışmalarda, bor elementinin bu açılardan da derinlemesine irdelenmesi gerektiği ve daha detaylı mekanizma çalışmalarının yapılması sonucu, önemli kazanımlar elde edilebileceği düşünülmektedir.

#### ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarların, başka kişiler ve/veya kurumlar ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

#### YAZAR KATKILARI

Sibel Başkan taslak metni oluşturmuştur. Eda Kılıç Kanak ve Suzan Öztürk Yılmaz metnin değerlendirilmesinde ve taslağın kontrolünde/düzenlenmesinde görev almışlardır. Yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

#### KAYNAKLAR

Acaroz U., Kara R., Gurler Z., Ince S., Demirel H. H., Acaroz D. A., Kucukkurt I., Eryavuz A., Varol N., Zhu K. (2019). Bisphenol-A induced oxidative stress, inflammatory gene expression, and metabolic and histopathological changes in male Wistar albino rats: protective role of boron. *Toxicological Research*, 8,262. DOI: 10.1039/c8tx00312b.

Acaröz D. A. (2017). Formaldehit kullanılarak deneysel oksidatif stres oluşturulan A549 akciğer epitel hücrelerine farklı dozlarda uygulanan borun koruyucu etkinliğinin biyokimyasal ve moleküler biyoloji teknikleri ile araştırılması. Afyon Kocatepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Veteriner Biyokimya Anabilim Dalı Doktora tezi, İstanbul, Türkiye, 15-16 s.

Alan M. (2017). Bor madenlerine yakın bölgelerdeki bazı elementlerin fraksiyonlanması ve biyoerişilebilirlik seviyelerinin belirlenmesi.

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı Doktora Tezi, 7-11 s.

Anonymous (2013). Türk Gıda Kodeksi gıda katkı maddeleri yönetmeliği. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. 30 Haziran 2013 tarih ve 28693 sayılı resmi gazete, Ankara.

Argın S., Gülerim M., Şahin F. (2019). Development of antimicrobial gelatin films with boron derivatives. *Turkish Journal of Biology*, (2019) 43: 47-57. doi:10.3906/biy-1807-181.

Aslan R., Ayaz K. (2019). Fonksiyonel gıda: besinler ilacımız olabilir mi? *Ayrıntı Dergisi* 7 (77).

Aydın T., Gönen B., Eseceli H. (2018). Bor'un insan sağlığı ve beslenme üzerine etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9 (2), doi:10.22312/sdusbed.409170.

CAC (2014). Codex Alimentarius Commission. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/news-and-events/news-details/ru/c/1187310/> (Accessed: 14 December 2021).

Çakır D. (2018). Beta laktam antibiyotiklerle sinerjik etkiye sahip bor katkılı doku iskelelerinin geliştirilmesi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Türkiye, 95-96 s.

Çelik B., Ersöz E., Korkmaz M. (2020). Boraks pentahidrat'ın glioblastoma multiforme hücre hattındaki tedavi potansiyelinin araştırılması, *BORON* 5 (1), 56-61. doi: 10.30728/boron.589644.

Deliboran A. (2020). Neden bor? Borun Çevre ile insan, hayvan ve bitki sağlığı açısından önemi, *Bahçe* 49(2): 127-141, ISSN 1300-8943.

Demircan B., Velioglu Yakup S. (2020). Gıda ve çevreden alınan bor bileşiklerinin toksikolojik değerlendirmesi, *Akademik Gıda*, 18(3), 312-322.

Demir G. T., Cicioğlu H. İ. (2019). Sağlıklı beslenmeye ilişkin tutum ölçeği: geçerlik ve güvenilirlik çalışması. *Gaziantepe Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 4 (2): doi: 10.31680/gaunjss.559462.

- Demirtaş A. (2010). Bor'un insan beslenmesi ve sağlığı açısından önemi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41 (1), 75-80.
- Dibek E., Babayeva A., Kürkçü Merve S., Çöl Akgüç N., Çöl B. (2020). Bor içeren bazı biyoaktif bileşikler. *Bor Dergisi*, 5 (1), 29-39, doi: 10.30728/boron.604069.
- Durmuş İ., İnce S., Salim M. N., Eryavuz A., Küçük Kurt İ. (2018). Gentamisin verilen sıçanlara bor uygulamasının hematolojik parametre düzeylerine etkileri. *Kocatepe Veteriner Dergisi*, 11(2): 140-147, doi: 10.30607/kvj.394370.
- Emir C. (2017). Bor gübrelemesinin kereviz (*Apium graveolens* L.) ve turp (*Raphanus sativus* L.) bitkilerinin verim ve bazı bitki özelliklerine etkisi. İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Malatya, Türkiye, 2 s.
- Erper İ., Kalkan Ç., Kaçar G., Türkkan M. (2019). Elmada mavi küfe neden olan *Penicillium expansum*'a karşı bazı bor tuzlarının antifungal etkisi. *Anadolu Tarım Bilim Dergisi*, 34, Doi: 10.7161/515031.
- Ersöz M. (2021). Borik asidin 8305C anaplastik tiroit kanseri hücrelerinde antioksidan ve anti-kanser aktivitesi. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 10(2): 213-221.
- European Food Safety Authority (2013). Scientific Opinion on the re-evaluation of boric acid (E 284) and sodium tetraborate (borax) (E 285) as food additives, EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS). *EFSA Journal*, 11(10):3407.
- FAO (2019). Protecting health, facilitating trade. 2019 [cited 2019 11.11]; Available from: <http://www.fao.org/fao-whocodexalimentarius/en/>.
- Gegük A., Baştaş K. K., Kordali Ş., Yılmaz F. (2020). Effects of different boron compounds to bean common bacterial blight disease. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8(sp1): 226-233, doi: /10.24925/turjaf.v8isp1.226-233.3924.
- Güneş A., Gezgin S., Kalınbacak K., Özcan H., Çakmak I. (2017). Bor elementinin bitkiler için önemi. *Bor Dergisi*, 2 (3), 168-174.
- Güney B., Gökmen s. (2019). Gıda sanayinde borun kullanım imkanları ile ilgili bir araştırma, IV. Uluslararası Bilimsel ve Mesleki Çalışmalar Kongresi-Mühendislik, Ankara, Türkiye, 499-503 s.
- Haesebrouck F., Baele M., Keyser H. D., Hermans K., Pasmans F. (2009). Antimicrobial activity of an acetic and boric acid solution against *Staphylococcus pseudintermedius*, *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*, 78, 89.
- 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.
- İlhan Z., Ekin İ. H., Gülaydın Ö. (2019). Antimicrobial activity of boric acid solution against *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus*. *Van Veterinary Journal*, 30 (3): 163-166.
- Kılıçarslan C. (2020). Borun stratejik ve ekonomik önemi. *Kostarika Universidad Empresarial de Costa Rica (UNEM)*. İstanbul, Türkiye.
- Kuru R, Yarat A. (2017) Bor ve sağlığımıza olan etkilerine güncel bir bakış. *Clinical and Experimental Health Sciences*, 7:107-14, doi: 10.5152/clinexphealthsci.2017.314.
- Kuru R., Yılmaz S., Taslı P. N., Yarat A., Sahin F. (2019). Boron content of some foods consumed in Istanbul, Turkey. *Biological Trace Element Research*, 187: 1-8.
- Larsen B, Petrovic M, De Seta F. (2018). Boric acid and commercial organoboron products as inhibitors of drug-resistant *Candida albicans*. *Mycopathologia*, 183(2): 349-57.
- Luan Q., Desta T., Chehab L., Sanders V. J., Plattner J., Graves D. T. (2008). Inhibition of experimental periodontitis by a topical boron-based antimicrobial. *Journal of Dental Research*, 87: 148, doi: 10.1177/154405910808700208.
- Meers P. D., Chow C. K. (1990). Bacteriostatic and bactericidal actions of boric acid against



- bacteria and fungi commonly found in Urine, *Journal of Clinical Pathology*, 43: 484-487.
- Mermer C., (2018). Bor minerali kritiğinin dinamik Değerlendirilmesi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Türkiye, 18 s.
- Özaslan İ. (2017). Yeni bor türevlerinin sentezi, karakterizasyonu ve spektroskopik özellikleri. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, Türkiye, 10 s.
- Özenoğlu A., Gün B., Karadeniz B., Koç F., Bilgin V., Bembeyaz Z., Saha B. S. (2021). Yetişkinlerde beslenme okuryazarlığın sağlıklı beslenmeye ilişkin tutumlar ve beden kütle indeksi ile ilişkisi, *Life Sciences*, 16(1):1-18.
- Özkaya O., DüNDAR Ö., Kargı S. P., Özkaya A., Demircioğlu H., Yavuz N., Sarıdaş M. A. (2017). Çilekte yaprakattan kalsiyum ve bor uygulamalarının raf ömrü süresince meyve kalite ve biyokimyasal değişimleri üzerine etkileri, *Bahçe* 46: 297-302.
- Parlatan C. S. (2018). Bor içeren bileşiklerin nörodejenerasyona olan olası etkilerinin in vitro aksotomi modelinde araştırılması. İstanbul Medipol Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Sinirbilim Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Türkiye, 6-7 s.
- Pir M. (2021). Bazı dioksaborepin türevlerinin sentezi ve antimikrobiyal aktivite tayini. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 23(68), 501-507.
- Qin G., Zong Y., Chen Q., Hua D., Tian S. (2010). Inhibitory effect of boron against *Botrytis cinerea* on table grapes and its possible mechanisms of actions. *International Journal of Food Microbiology*, 138,145-150.
- Saglam M, Koseoglu S, Enhoş S. (2013). Boron in periodontology. *J Health Sci.*, 22(1):70-5. Shuler, T.R., Pootrakul P., Yarnsukon P., Nielsen F. H. (1990). Effect of thalassemia/hemoglobin E disease on Macro, Trace, and Ultratrace Element Concentrations in Human Tissue. *The Journal of Trace Elements in Experimental Medicine*, 3:31-43.
- Söğüt Ö., Acar O. (2020). Bor ve sağlık. *Literatür Eczacılık Bilimleri Dergisi*, 9(1):11-7. doi: 10.5336/pharmsci.2019-71534.
- TMMOB (2016). Bor Raporu, ISBN 978-605-01-0883-5.
- Topal M., Topal E. I. A. (2017). Elazığ Keban Baraj Gölü'nde bor konsantrasyonlarının araştırılması ve izlenmesi. *Journal of Pure & Applied Sciences*, 3(1): 33-40.
- Tutulescu F., Mogosanu G. D., Bita A., Bejenaru L. E., Bejenaru C., Rau G., Oancea C. N., Capruciu R., Neamtu J. (2018). Effect of boric acid and calcium ascorbatoborate esters against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*, *Romanian Biotechnological Letters*, 23(6).
- Uçkun Z. (2013). Esansiyel bir komponent: bor-borun günlük alımı ve fizyolojik etkileri. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6:119-23.
- Yakıncı D. Z., Kök M. (2016). Borun sağlık alanında kullanılması. *İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 4(1).
- Yin C., Jia X., Miron R. J., Long Q., Xu H., Wei Y., Wu M., Zhang Y., Li Z. (2018). Setd7 and its contribution to Boron-induced bone regeneration in Boron-mesoporous bioactive glass scaffolds. *Acta Biomaterialia*, 73:522-530.
- Zan R., Hubbezoglu İ., Ozdemir A. K., Tunc T., Sumer Z., Alici O. (2013). Antibacterial effect of different concentration of boric acid against *Enterococcus faecalis* biofilms in root canal. *Marmara Dental Journal*, 2:76-80.