

Bor'un Biyolojik Önemi ve Metabolizma Üzerine Etkileri

Meryem EREN

Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Biyokimya Anabilim Dalı, Kayseri-TÜRKİYE

Özet : İnsan ve hayvan organizmaları için esansiyel oldukları yeni belirlenmiş iz elementlerden birisi olan bor'un (B) kemik mineralizasyonunda etkin rol oynadığı, her ne kadar etki mekanizması bilinmiyorsa da testosteron ve β -östradiol gibi steroid hormonların konsantrasyonunu artırabileceği ileri sürülmüştür. Günümüzde insan ve hayvanlarda çeşitli besinsel, metabolik, hormonal ve fizyolojik koşullarda bu elementin biyolojik önemi ve metabolizma üzerine etkilerine ilişkin çalışmalar devam etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyolojik fonksiyonlar, bor, metabolizma

Effects on Metabolism and Biological Importance of Boron

Summary : Boron (B) is one of the new essential elements for human and animal organism that plays active role in the bone mineralization. Although the mechanism of action of boron has not been defined, it may increase the concentration of steroid hormones such as testosterone and β -oestradiol. Recently, studies related metabolic effects and biological importance of B under various nutritional, metabolic, hormonal and physiologic conditions in human and animals have been continued.

Key Words: Biological functions, boron, metabolism

Giriş

Bor elementinin 1923 yılında bitkiler için esansiyel olduğu kabul edilmiş (39), hayvanlar ve insanlar için esansiyel olabileceğine ilişkin bulgulara da yakın zamanda ulaşılabilmektedir. Bor'un kemik (1, 6, 40, 41, 42), mineral (8, 11, 13, 15, 19), lipid (4,10), enerji metabolizması (14, 16) ile immun sistem (3, 43) ve endokrin fonksiyon (5, 22, 25) için esansiyel olabileceği bildirilmiştir. Ancak, bu elementin insan ve hayvan dokularında biyokimyasal mekanizması çok az bilinmesine karşın, muhtemelen cis-hidroksil grupları içeren biyosubstanslarla (şekerler ve polisakkaritler, adenozin-5-fosfat, piridoksin, riboflavin, dehidroaskorbik asit ve piridin nükleotidleri) reaksiyona girerek (24, 39, 44) hücre zarı fonksiyonları ve stabilitesinde, hormon reseptörleri ve transmembran sinyallerinde etkili olabileceği ileri sürülmüştür (24).

Bor İhtiyacı ve Kaynakları

Bazı literatürler (24, 38) günlük alınması gereken B miktarının insanlarda 0.5-1.0 mg arasında değişebileceğini bildirmelerine karşın, kesin olarak insan ve hayvanlar için bir öneri bulunmamaktadır (23).

Atom numarası 5 olan, periyodik sistemde IIIA grubunda yer alan bir ametal (7, 39) olan B doğada borax, koleminat, boronatrokalsit ve borik asit şeklinde bulunur (7, 20). En zengin B kaynakları meyveler, lifli seb-

zeler, fındık, bakliyat (24, 38, 39), şarap, elma suyu ve bira olmasına karşın, et, balık, süt ürünleri ve çoğu tahıllar B yönünden fakir kaynaklardır (38, 39).

Bor Metabolizması

Borik asit olarak B, gastrointestinal ve solunum sisteminden hızla emilir (21, 39) ve insan ve hayvan dokularında düşük konsantrasyonlarda bulunur (21). En çok kemiklerde biriken (21) B, beyin, kan, karaciğer, lenfoid nodüller, adrenal bez ve böbrek dokularında (36, 39) da yüksek konsantrasyonlarda bulunur. Vücutta alınan B'un %90'dan fazlası idrarla atılır. Borik asidin insan ve hayvanlarda yarılanma ömrü 24 saat veya daha azdır (39).

Bor'un Metabolizma Üzerine Etkileri

Bor'un hayvanlarda canlı ağırlık, yem tüketimi, yemden yararlanma ve yumurta kalitesine etkileri ile ilgili çeşitli çalışmalara rastlanılmıştır.

Domuzlarda bazal rasyona (6.7 mg B /kg içeren) 5 ve 15 mg/kg sodyum borat olarak B ilavesinin performansı etkilemediği, ancak semipürifiye (0.98 mg / B kg içeren) rasyona aynı miktarlardaki B ilavesinin yemden yararlanmayı iyileştirdiği belirlenmiştir (2). Kurtoğlu ve ark. (19) broylerlerde gerek yeterli gerekse yetersiz vitamin D3 içeren rasyona 5 ve 25 mg/kg B ilavesinin performansı artırdığını bildirmişlerdir. Broyler (33) ve yumurta tavuklarında (41) yeme 240 mg/kg'a kadar B ilavesinin canlı ağırlık üzerinde o-

lumlu etkileri olduğu bildirilmesine karşın, Eren ve ark. (9) yumurta tavuklarında rasyona 400 mg/kg'a kadar B ilavesinin canlı ağırlığı etkilemediğini saptamışlardır. Bununla beraber, broylerlerde 320 (32) ve 300 mg/kg (33) B'un, yumurta tavuklarında 400 mg/kg B'un (9, 40, 41) canlı ağırlık, yem tüketimi (9, 32, 40, 41) ve yumurta verimini baskıladığı, yumurta iç ve dış kalitesinde değişikliklere neden olduğu (9) bildirilmiştir. Qin ve Klandorf (31) da yaşlı broyler-damızlıklarda rasyona 100 mg/kg B ilavesinin yumurta özgül ağırlığını ve kabuk kalınlığını etkilemediğini, yumurta verimini ise baskıladığını ileri sürmüşlerdir.

Rasyona B ilavesiyle broylerlerde (13) plazma glikoz, köpeklerde serum glikoz (4) düzeylerinin, ratlarda (15) da plazma glikoz, insülin ve pirüvat konsantrasyonlarının azaldığı bildirilmiştir. Hunt (13), B ilavesiyle glikoz düzeylerindeki düşüşü, muhtemelen B'un glikozun yapısında yer alan hidroksil grubu ile kompleks oluşturmasından kaynaklanabileceğini ileri sürmüştür.

Ratlarda yeme B ilavesiyle serum kolesterol, LDL-kolesterol, trigliserit düzeylerinin azaldığı, HDL-kolesterol düzeylerinin ise N,N-dimethyl-n-octadecylamine borane ile arttığı, fakat tetrakis- μ -(trimethylamine-borane-carboxylato) bis-(trimethylamine-carboxyborane)-dicopper (II) ile azaldığı belirtilmiştir (10). Naghii ve Samman (22) da borik asit verilen ratlarda 4 hafta sonra plazma HDL-kolesterol konsantrasyonlarının azaldığını bildirmişlerdir. Bor'un köpeklerde serum trigliserit düzeylerini (4), protein kısıtlaması yapılan (%7 HP) rasyonla beslenen ördeklerde de plazma trigliserit düzeylerini (12) düşürdüğü saptanmıştır. Bununla beraber, Armstrong ve ark (2) domuzlarda 15 mg/kg B ilavesinin plazma trigliserit düzeyini artırdığını ve B ile dolaşımda artan trigliserit konsantrasyonu arasındaki etkileşimin açıklanamadığını bildirmişlerdir. Hunt ve Herbel (15) de B'un, aç kalan ratlarda plazma trigliserit konsantrasyonunu artırdığını, muhtemelen yağ asidi oksidasyonu ve glikoneogenezisin bazı basamaklarını inhibe ederek hem karbonhidrat hem de lipid metabolizmasını etkilediğini ileri sürmüşlerdir.

Hoffman ve ark. (12) ördeklerde protein kısıtlaması yapılmayan (%22 HP) rasyona 1000 mg/kg B ilavesiyle plazma protein konsantrasyonlarının azaldığını saptamışlardır. Hunt (13) da broylerlerde rasyona B ilavesiyle plazma ürik asit düzeyinin düştüğünü ve bu düşüşün de bor-hidroksil bağlarının oluşumundan ileri gelebileceğini ileri sürmüşlerdir.

Naghii ve Samman (22), ratlarda B ilavesinin plazma 1,25-dihidroksivitamin D ve testosteron konsantrasyonlarını artırdığını saptamışlardır. Menopoza giren

kadınlarda diyetle B ilavesinin serum 17 β -östradiol ve testosteron konsantrasyonlarını yükselttiği, kalsiyum ve magnezyumun üriner atılımını düşürdüğü, ovaryum fonksiyonlarının yok olması ve menopozla birlikte oluşan kemik kaybını azaltabileceği ileri sürülmüştür (5, 25). Bor'un steroid yapıları hidroksil grubunun ilavesini kolaylaştırarak, bir veya birden fazla hidroksil grubu içeren 17 β -östradiol ve testosteron, 1,25-dihidrokokaleksiferol gibi steroid hormonların sentezinde etkili olabileceği belirtilmektedir (25).

Bor'un kalsiyum, kolekalsiferol, potasyum veya magnezyum yetersizliği görülen deney hayvanlarında hücre membran bütünlüğünü değiştirmesi, transmembran sinyallerine etkili olması (24), magnezyum yetersizliği (28) ve alüminyum toksisitesi (29) gibi beslenmeye bağlı streslerin B yetersizliğinden kaynaklanan belirtileri artırması ve B'un steroid hormonların regülasyonunda rol almasıyla başlıca mineral metabolizmasını etkilemesi beklenilebileceği belirtilmektedir (5, 25, 38). Rasyona B ilavesi kolekalsiferol yönünden yetersiz broylerlerde, kemik iliği gelişiminde oluşabilecek malformasyonları hafifletmiş ve osteoklastların sayısını (13), domuzlarda kemik oluşumu ile ilgili serum osteokalsin konsantrasyonunu (1), domuz (3) ve ratlarda (27) serum alkali fosfataz aktivitesini artırmış, bu artışın da artan osteoblastik aktivitesinin bir göstergesi olabileceği bildirilmiştir (3). Armstrong ve ark. (2) domuzlarda B'un plazma kalsiyum, fosfor ve magnezyum düzeyleri ile alkali fosfataz aktivitesini etkilemediğini bildirmelerine karşın, protein kısıtlaması yapılmayan rasyonla beslenen ördeklerde serum alkali fosfataz aktivitesinin, protein kısıtlaması (%7 HP) yapıldığında da plazma kalsiyum ve fosfor konsantrasyonlarının B ilavesiyle azaldığı belirlenmiştir (12). Bor'un hindi yumurtalarına in ovo olarak enjekte edilmesiyle embriyo ağırlığı, tibia uzunluğu ile kemik kül oranının arttığı ve mineralizasyonun olumlu etkilendiği bildirilmiştir (17). Broylerlerde de rasyona B ilavesi kemik kül oranını artırmıştır (30).

Bor'un ratlarda plazma aspartat amino transferaz, kreatin kinaz aktivitelerinde azalmaya, tiroksin konsantrasyonunda artmaya (15), ördeklerde protein kısıtlaması (%7 HP) yapıldığında hemoglobin ve hematokrit değerlerinde düşmeye, glutasyon peroksidaz aktivitesinde ise yükselmeye neden olduğu da saptanmıştır (12).

Bor'un ratlarda serum antikor konsantrasyonunu artırarak immun sistemi etkilediği (43), intradermal olarak fitohemaglutinin enjekte edilen domuzlarda fitohemaglutinine karşı yangısal yanıtı düşürdüğü, koyun eritrosit süspansiyonuna karşı ise humoral immun yanıtı veya mitojen stimülasyonuna izole edilen lenfo-

sitlerin blastojenik yanıtı etkilemediği (3) de ileri sürülmektedir.

Bor Yetersizliği

Hayvanlarda B yetersizliği doğal olarak meydana gelebildiği gibi, rasyondaki alüminyum (29) kalsiyum (31), kolekalsiferol (8, 16) magnezyum (13, 29), metiyonin (28) ve potasyum (27) düzeylerinin de hazırlayıcı faktörler olarak rol oynayabileceği bildirilmektedir.

Düşük düzeyde B içeren diyet alan menopoz dönemindeki kadınlarda kalsiyum ve magnezyumun üriner atımlarının arttığı, serum 17 β -östradiol ve testosteron konsantrasyonlarının (5, 25), plazma iyonize kalsiyum ve serum 25-hidroksikolekalsiferol konsantrasyonlarının düştüğü, serum kalsitonin ve osteokalsin konsantrasyonlarının ise yükseldiği (26) bildirilmiştir.

Çeşitli hayvanlarda B yetmezliğinde özellikle kemik ve kıkırdak gelişiminde etkili plazma ve organ kalsiyum, fosfor, magnezyum düzeyleri ile alkali fosfataz aktivitesinin etkilenebileceği (8, 11, 16, 19, 27) ileri sürülmektedir. Vitamin D yönünden yetersiz ratlarda B ilavesiyle kalsiyum ve fosfor dengesinin (8, 11, 27) ve emilimlerinin, plazma magnezyum düzeylerinin (11) arttığı saptanmıştır. Bu hayvanlarda beyin yapısı ve fonksiyonlarının rasyonun B düzeylerinden etkilendiği, B yetmezliklerinde beyin bakır konsantrasyonu, serebellum fosfor konsantrasyonu ve özellikle beyin korteksinde olmak üzere tüm beyinde kalsiyum konsantrasyonunun yükseldiği belirtilmiştir (11, 30). Magnezyum yönünden yetersiz rasyonla beslenen broylerde B ilavesiyle plazma kalsiyum ve magnezyum düzeylerinin arttığı, kemik ALP aktivitesinin düştüğü (13), 25 mg/kg B ile birlikte 2000 IU/kg vitamin D3 alan broylerde daha düşük düzeyde B ve vitamin D3 alanlara göre serum fosfor konsantrasyonunun arttığı, alkali fosfataz aktivitesinin düştüğü (19) bildirilmiştir.

Bor Toksikitesi

Oral yolla verilen B'un toksisitesi düşüktür. Deneme hayvanlarında ve insanlarda borik asit ve boraks'ın sistemik toksik etkilerine bağlı olarak kan, doku ve idrar bor düzeylerinin arttığı, en yüksek B birikiminin beyin, karaciğer, böbrek ve kanda olduğu belirtilmiştir (34, 39).

Bor elementinin aşırı alınımına bağlı olarak sığırlarda turnak etrafındaki deri ve bacaklarda ödem ve yangı, riboflavinüri, diyare ve zayıflamanın görüldüğü, yem tüketimi ve büyümenin baskılandığı, hematokrit, he-

moglobin ve plazma fosfor düzeylerinin düştüğü (20, 39), domuzlarda paratiroid aktivitesinde düşüşle birlikte osteoporozisin şekillendiği (38) bildirilmiştir. Deneysel olarak akut B toksisitesi oluşturulan keçilerde de serum sodyum, glikoz, kolesterol, hemoglobin, konjuge bilirubin düzeylerinde, aspartat amino transferaz, kreatin kinaz aktivitesinde ve serebrospinal sıvıdaki monoamin metabolitlerinde artma, serum potasyum, magnezyum düzeyleri ile alkali fosfataz, gama-glutamil transpeptidaz aktivitelerinde düşme belirlenmiştir (35).

Köpeklerde B toksisitesi mukoz membranlarda siyanoz ve kırmızı-menekşe rengi, bacaklarda sertlik, konvülsiyon ve şok sendromlarına neden olmuştur (39).

Bor toksisitesine bağlı olarak ratlarda depresyon, ataksi, konvülsiyon, vücut ısısının düşmesi, deri ve mukoz membranlarda kırmızı-menekşe renk, sperma yapımında inhibisyon, testiküler atrofi, ovaryum gelişiminde bozukluk, serum hematokrit ve hemoglobin değerlerinde, kemik alkali fosfataz ve osteoblast aktivitesinde düşme belirlenmiş (18, 37, 39), tavşanlarda ise anoreksi, kilo kaybı, diyare, kardiyovasküler bozukluk, testiküler atrofi, sperma sayısında azalma görüldüğü bildirilmiştir (39).

Kanatlılarda da B toksisite belirtilerinin diyare, ataksi, koordinasyon bozukluğu, hipertoni (34) ve ayak parmağı kıvrım yerlerinde paraliz (20) olduğu saptanmıştır.

Sonuç olarak, son yıllarda B'un biyolojik önemi ve metabolizma üzerine etkileri ile ilgili çalışmalar devam etmesine karşın, bu elementin biyokimyasal fonksiyonlarının ve etki mekanizmasının kesin olarak açıklanabilmesi için yeni çalışmaların yapılmasında yarar olduğu düşünülmektedir.

Kaynaklar

1. Armstrong TA, Flowers WL, Spears, JW, Nielsen FH, 2002. Long-term effects of boron supplementation on reproductive characteristics and bone mechanical properties in gilts. *J Anim Sci.*, 80: 154-161.
2. Armstrong TA, Spears JW, Crenshaw TD, Nielsen FH, 2000. Boron supplementation of a semipurified diet for weanling pigs improves feed efficiency and bone strength characteristics and alters plasma lipid metabolites. *J Nutr.*, 139: 2575-2581.

3. Armstrong TA, Spears JW Lloyd KE, 2001. Inflammatory response, growth, and thyroid hormone concentrations are affected by long-term boron supplementation in gilts. *J Anim Sci.*, 79: 1549-1556.
4. Başoğlu A, Sevinç M, Güzelbektas H, Civelek T, 2000. Short communication: Effect of borax on serum lipid profile in dogs. *Online J Vet Res.*, 4: 153-156.
5. Beattie JH, Peace HS, 1993. The influence of a low-boron diet and boron supplementation on bone, major mineral and sex steroid metabolism in postmenopausal women. *Br J Nutr.*, 69: 871-884.
6. Benderdour M, Bui-Van T, Dicko A, Belleville F, 1998. In vivo and in vitro effects of boron and boronated compounds. *J Trace Elem Med Biol.*, 12: 2-7.
7. Butterwick L, de Oude N, Raymond K, 1989. Safety assessment of boron in aquatic and terrestrial environments. *Ecotoxicol Environ Safety.*, 17: 339-371.
8. Dupre JN, Keenan MJ, Hegsted M, Brudevold AM, 1994. Effects of dietary boron in rats fed a vitamin D-deficient diet. *Environ Health Perspect.*, 1994; 102: 55-58. (Abstr.).
9. Eren M, Uyanık F, Küçükersan S, 2002. Yumurta tavuğu yemlerine bor ilavesinin yumurta kalitesi ile serum Ca, P ve Mg düzeylerine etkisi. *I. Ulusal Veteriner Biyokimya ve Klinik Biyokimya Kongresi.* Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi-Ankara, 21-22 Haziran., P16.
10. Hall IH, Spielvogel BF, Griffin TS, Docks EL, Brotherton RJ, 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. *Res Com Chem Path Pharm.*, 65: 297-317.
11. Hegsted M, Keenan MJ, Siver F, Wozniak P, 1991. Effect of boron on vitamin D deficient rats. *Biol Trace Elem Res.*, 28: 243-255.
12. Hoffman DJ, Sanderson CJ, LeCaptain LJ, Cromatie E, Pendleton GW, 1991. Interactive effects of boron, selenium, and dietary protein on survival, growth, and physiology in mallard ducklings. *Arch Environ Contam Toxicol.*, 1991; 20: 288-294.
13. Hunt CD, 1989. Dietary boron modified the effects of magnesium and molybdenum on mineral metabolism in the cholecalciferol-deficient chick. *Biol Trace Elem Res.*, 22: 201-220.
14. Hunt CD, Herbel JL, 1991-92. Boron affects energy metabolism in the streptozotocin-injected, vitaminD3-deprived rat. *Magnes Trace Elem.*, 10: 374-386.
15. Hunt CD, Herbel JL, 1991-92. Effects of dietary boron on calcium and mineral metabolism in the streptozotocin-injected, vitamin D3-deprived rat. *Magnes Trace Elem.*, 10: 387-408.
16. Hunt CD, Herbel JL, Idso JP, 1994. Dietary boron modifies the effects of vitamin D3 nutrition on indices of energy substrate utilization and mineral metabolism in the chick. *J Bone Miner Res.*, 9: 171-182. (Abstr.).
17. King N, Odom TW, Sampson HW, Pardeu S, 1993. In ovo administration of boron or sodium aluminosilicate alters mineralization in the turkey. *Nutr Res.*, 13: 77-85.
18. Ku WW, Chapin, RE, Moseman RF, Brink RE, Pierce KD, Adams Y, 1991. Tissue disposition of boron in male Fischer rats. *Toxicol Appl Pharm.*, 111: 145-151.
19. Kurtoğlu V, Kurtoğlu F, Coşkun B, 2001. Effects of boron supplementation of adequate and inadequate vitamin D3-containing diet on performance and serum biochemical characters of broiler chickens. *Res Vet Sci.*, 71: 183-187.
20. Mc Dowell LR, 1992. *Minerals In Animal and Human Nutrition.* Academic Press Inc, London., pp 367-370.
21. Moseman RF, 1994. Chemical disposition of boron in animals and humans. *Environ Health Perspect.*, 102: 113-117 (Abstr.).
22. Naghii MR, Samman S, 1997. The effect of boron on plasma testosterone and plasma lipids in rats. *Nutr Res.*, 17: 523-531.
23. National Academies, 2001. Institute of Medicine Press Release, January 9.
24. Nielsen FH, 1991. Nutritional requirements for boron, silicon, vanadium, nickel, and arsenic: current knowledge and speculation. *FASEB J.*, 5: 2661-2667.
25. Nielsen FH, Hunt CD, Mu LM, Hunt JR, 1987. Effect of boron on mineral, estrogen, and testosterone metabolism in postmenopausal women. *FASEB J.*, 1: 394-397.

26. Nielsen FH, Mullen LM, Gallagher SK, 1990. Effect of boron depletion and repletion on blood indicators of calcium status in humans fed a magnesium-low diet. *J Trace Elem Exp Med.*, 3: 45-54.
27. Nielsen FH, Schuler TR, 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. *Biol Trace Elem Res.*, 35: 225-237 (Abstr).
28. Nielsen FH, Schuler TR, Zimmerman TJ, Uthus, EO, 1988. Magnesium and methionine deprivation affect the response of rats to boron deprivation. *Biol Trace Elem Res.*, 17: 91-107 (Abstr).
29. Nielsen FH, Schuler TR, Zimmerman TJ, Uthus, EO, 1988. Dietary magnesium, manganese and boron affect the response of rats to high dietary aluminium. *Magnes.*, 7: 133-147.
30. Penland JG, Eberhardt MJ, 1993. Effects of dietary boron and magnesium on brain function of mature male and female Long-Evans rats., *J Trace Elem Exp Med.*, 6: 53-64.
31. Qin X, Klandorf H, 1991. Effect of dietary boron supplementation on egg production, shell quality, and calcium metabolism in aged broiler breeder hens. *Poultry Sci.*, 70: 2131-2138.
32. Rossi AF, Bootwalla SM, Miles RD, 1990. Boron and riboflavin addition to broiler diets. *Poultry Sci.*, 69:186 (Abstr).
33. Rossi AF, Miles RD, Damron BL, Flunker LK, 1993. Effects of dietary boron supplementation on broilers. *Poultry Sci.*, 72: 2124-2130.
34. Sander JE, Dufour L, Wyatt RD, Bush PB, Page RK, 1991. Acute toxicity of boric acid and boron tissue residues after chronic exposure in broiler chickens. *Avian Dis.*, 35: 745-749.
35. Sisk, DB, Colvin BM, Merrill A, Bondadi K, Bowen JM, 1990. Experimental acute inorganic boron toxicosis in the goat: Effects on serum chemistry and CSF biogenic amines. *Vet Hum Toxicol.*, 32:205-211.
36. Tibbitts J, Sambol NC, Fike JR, Bauer WF, Stephen BK, 2000. Plasma pharmacokinetics and tissue biodistribution of boron following administration of a boronated porphyrin in dogs. *J Pharm Sci.*, 89: 469-477.
37. Treinen KA, Chapin RE, 1991. Development of testicular lesions in F344 rats after treatment with boric acid. *Toxicol Appl Pharm.*, 107: 325-335.
38. WHO, 1996. Trace Elements in Human Nutrition and Health: Boron. *World Health Organization*, Geneva, pp. 175-182.
39. WHO, 1998. Boron. *International Programme on Chemical Safety*. Environmental Health Criteria 204. Ohio, USA. pp.1-201.
40. Wilson JH, Ruzsler PL, 1996. Effects of dietary boron supplementation on laying hens. *Br. Poultry Sci.*, 37: 723-729.
41. Wilson JH, Ruzsler PL, 1997. Effects of boron on growing pullets. *Biol Trace Elem Res.*, 56: 287-294.
42. Wilson JH, Ruzsler PL, 1998. Long term effects of boron on layer bone strength and production parameters. *Br Poultry Sci.*, 39: 11-15. (Abstr.).
43. Yisheng B, Curtiss, H, 1998. Dietary boron enhances humoral immune responses. Tektran, United States Department of Agriculture. *Agricultural Research Service.*, 12-18.
44. Zittle CA, 1951. Reaction of borate with substances of biological interest. *Adv Enzymol.*, 12: 493-527. Alınmıştır: Kelly GS, 1997. Boron: A review of its nutritional interactions and therapeutic uses. *Alt Med Rev.*, 2: 48-56.

Yazışma Adresi :

Yrd.Doç.Dr. Meryem EREN
 Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi
 Biyokimya Anabilim Dalı
 Sümer Mah. Barış Manço Cad.
 Kocasinan, 38090, KAYSERİ
 Tel: 0352 3380006/1041
 Fax: 0352 3372740
 e-mail:erenmeryem@hotmail.com,
 meren@erciyes.edu.tr