T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ
KOORDİNASYON BİRİMİ

BROYLER YEMLERİNE BOR İLAVESİNİN PERFORMANS, BAZI KAN PARAMETRELERİ VE ORGANLAR ÜZERİNE ETKİSİ

Proje No: VA-05-01

Araştırma Makalesi

SONUÇ RAPORU

Proje Yürütücüsü:
Doç. Dr. Meryem EREN
Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi
Biyokimya Anabilim Dalı

Araştırmacının Adı Soyadı
Prof. Dr. Fatma UYANIK
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu

Doç. Dr. Berrin KOCAOĞLU GÜÇLÜ
Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi
Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı

Prof. Dr. Ayhan ATASEVER
Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi
Patoloji Anabilim Dalı

Şubat 2010

KAYSERİ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET	4
ABSTRACT	5
1. GİRİŞ	6
2.AMAÇ VE KAPSAM	6
3. GENEL BİLGİLER	7
4. GEREÇ VE YÖNTEM	9
5. BULGULAR	12
6.TARTIŞMA VE SONUÇ	32
7. KAYNAKLAR	37

ÖZET

Broyler Yemlerine Bor İlavesinin Performans, Bazı Kan Parametreleri ve Organlar Üzerine Etkisi

Bu çalışmada, broylerlerde bor'un düşük ve yüksek dozlarının performans, karbonhidrat, protein, lipid ve mineral metabolizmalarıyla ilişkili serum parametrelerine etkisi ve organlarda meydana getirebileceği değişiklikler araştırılmıştır. Çalışmada 168 adet günlük broyler civciv, her birinde 7'er hayvan olacak şekilde 3 tekrarlı 8 gruba ayrılarak, kontrol grubu bor ilave edilmeyen ticari broyler yemiyle (bazal rasyon), diğer gruplar ise bazal rasyona borik asit (H_3BO_3) şeklinde 10, 50, 100, 250, 500, 750 ve 1000 mg/kg bor ilave edilen yemle 42 gün beslenmiştir. Deneme boyunca hayvanların haftalık canlı ağırlık değişimleri, yem tüketimleri yemden yararlanma oranı belirlenmiştir. Denemenin sonunda hayvanların serumlarında aspartat amino transferaz (AST), alanin amino transferaz (ALT), gama glutamil transpeptidaz (GGT), laktat dehidrogenaz (LDH), alkalin fosfataz (ALP), kreatinin, total protein, albumin, globulin, kalsiyum (Ca), fosfor (P), magnezyum (Mg), glikoz, trigliserit, total kolesterol, HDL ve LDL-kolesterol düzeyleri saptanmıştır. Her gruptan 12'şer hayvanın nekropsisi yapılarak karaciğer, böbrek, beyin ve göğüs kası örneklerinde histopatolojik değişiklikler incelenmiştir. Sonuç olarak; broyler yemlerine 250 mg/kg'ın üzerinde katılan B'un performansı olumsuz etkilediği, serum AST, ALT ve LDH aktiviteleri ile glikoz, trigliserit, fosfor, LDL-kolesterol, total protein, globulin ve Mg düzeylerinin bordan etkilendiği, buna karşılık GGT, ALP ve CK aktiviteleri ile albumin, kreatinin, kalsiyum, total kolesterol ve HDL-kolesterol düzeylerinin bor uygulamasından etkilenmediği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyokimyasal parametreler, bor, broyler, organ, performans

ABSTRACT

The Influence of Dietary Boron Supplementation on Performance, Some Blood Parameters and Organs of Broilers

This study was performed to investigate the influence of the high and low doses of dietary boron (B) supplementation on performance, some serum parameters related to carbohydrate, protein, lipid and mineral metabolisms and organs in broilers. One hundred and sixty eight, day old, Ross 308 strain broilers were assigned to 8 groups with 3 replicates 7 hens, and they were fed commercial diets supplemented with 0 (control), 5, 10, 50, 100, 200 or 400 mg/kg (diet) B (H_3BO_3) for 42 days. Live weight, food consumption and feed efficiency were recorded during the experiment. At the end of the experiment serum aspartate amino transferase (AST), alanine amino transferase (ALT), gamma glutamyl transpeptidase (GGT), lactate dehydrogenase (LDH), alkaline phosphatase (ALP), creatinine, total protein, albumin, globulin, calcium (Ca), phosphorus (P), magnesium (Mg), glucose, triglyceride, total cholesterol, HDL and LDL-cholesterol were determined. Twelve chicks from each group were made necropsy and, samples of liver, kidney, brain and breast muscle were collected for histopathological examinations. In conclusion, boron supplementation over 250 mg/kg adversely affected performance, serum AST, ALT and LDH activities and glucose, triglycerides, phosphorus, LDL-cholesterol, total protein, globulin and magnesium levels were effected by B, however GGT, ALP and CK activities and albumin, creatinine, calcium, total cholesterol and HDL-cholesterol levels were not influenced by B in broilers.

Key Words: Biochemical parameters, boron, broiler, organ, performance

1. GİRİŞ

Organizmada metabolik faaliyetlerin düzenli bir şekilde sürmesinde minerallerin önemi büyüktür. Mineraller organizma için esansiyel olup, besinlerle belirli oranlarda sürekli olarak alınmak zorundadır.

Kanatlı hayvan beslenmesinde, yemlerin amino asit ve vitaminlerin yanısıra temel inorganik maddeleri de içermesi zorunludur. Temel inorganik maddeler kemik oluşumu, protein, karbonhidrat ve lipid metabolizması için gerekli maddelerdir. Yaşam ve verim için gerekli olan minerallerin yemlerle verilmemesi halinde büyüme durur ve verim azalır. Hayvanların mineral madde ihtiyaçlarını etkileyen pek çok faktör vardır. Bunlar hayvanın üretim düzeyi, yaşı, elementlerin kimyasal formu, düzeyi ve diğer besinlerle etkileşimi, mineral alımı, beslenme ve hayvanın yetiştirmeye adaptasyonu olarak sıralanabilir.

Irk, yaş, bakım-besleme ve çevresel faktörler kanatlıların et, yumurta verimi ve yumurta kalitesini etkiler. Kanatlıların tükettikleri yemin içeriği ve miktarı yemden yararlanmayı ve dolayısıyla performansı etkilediğinden bakım ve besleme en önemli faktörlerden birisidir. Kanatlı üretiminde sürü sağlığını etkileyen faktörlerden biri de beslenme yetersizliğidir. Kanatlıların gelişmesi, veriminin artması ve kuluçka randımanının artması için dengeli beslenme önemli rol oynamaktadır.

Bor'un varlığı ilk defa *Maesa picta* tohumlarında gösterilmiştir. Bor'un bitkiler için esansiyel olduğuna ilişkin bulgular 1923 yılında rapor edilmiş olup, 1981 yılından beri de B'un insan ve hayvanlar için esansiyel olabileceğine ilişkin çalışmalar devam etmektedir. Genellikle insanlarda yürütülen çeşitli çalışmalarla kemik ve mineral metabolizması, endokrin fonksiyon, çeşitli enzimler ve lipid metabolizması gibi biyokimyasal yönden önem taşıyan fonksiyonlar üzerine etkileri olabileceği öne sürülen bor iz elementinin biyokimyasal etki mekanizması henüz tam olarak açıklanamamıştır. Ancak broylerlerde bor'un metabolizma üzerine etkilerini inceleyen sınırlı sayıda çalışmaya ulaşılabildiğinden bu konunun, broyler yemlerine düşük ve yüksek dozlarda bor ilave edilerek daha detaylı araştırılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

2. AMAÇ VE KAPSAM

Bu çalışmada, son zamanlarda insanlar ve laboratuvar hayvanları için esansiyel olduğu anlaşılan, ancak biyokimyasal fonksiyonları henüz tam olarak açıklanamamış olan bor'un düşük ve yüksek dozlarının broylerlerde performans, karbonhidrat, protein, lipid ve mineral metabolizmalarıyla ilişkili serum parametrelerine etkisi ve organlarda meydana getirebileceği değişiklikler araştırılmıştır.

Genellikle insanlarda yürütülen çeşitli çalışmalarla kemik ve mineral metabolizması, endokrin fonksiyon, çeşitli enzimler ve lipid metabolizması gibi biyokimyasal yönden önem taşıyan fonksiyonlar üzerine etkileri olabileceği öne sürülen bor iz elementinin biyokimyasal etki mekanizması henüz tam olarak açıklanamamıştır. Ancak broylerlerde bor'un metabolizma üzerine etkilerini inceleyen sınırlı sayıda çalışmaya ulaşılabildiğinden bu konunun, broyler yemlerine düşük ve yüksek dozlarda bor ilave edilerek daha detaylı araştırılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir. Bor'un broylerlerde organların fonksiyonel durumlarının göstergesi olarak değerlendirilen biyokimyasal parametrelerde meydana getirebilecek değişimlerin yanısıra uygulanan dozların organlarda patolojik değişimlere yol açıp açmadığının araştırılmasıyla elde edilecek bulgular, bu konudaki çalışmalara katkı sağlayabilecektir. Son zamanlarda hayvanlar için esansiyel olduğu ileri sürülen bor'un performans üzerine olumlu etkilerinin olduğu belirlendiği takdirde, bu çalışmanın sonuçları saha uygulamalarına ışık tutabileceği gibi kanatlı yemlerine bor ilavesinin, hayvanların verimliliğinin artırılması ve dolayısıyla ekonomik kazanç yönünden de katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

3. GENEL BİLGİLER

Bor doğada borax, colemanite, boronatrokalsit ve borikasit olarak bulunan koyu kahverengi bir ametaldir (1). Bu bileşikler endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır (2). Bor'un 1923 yılında bitkiler için esansiyel olduğu kabul edilmesine karşın, hayvanlar ve insanlar için de esansiyel bir element olabileceğine ilişkin bulgulara yakın zamanda ulaşılabilmiştir (3, 4).

Bor'un, cis-hidroksil grupları (örneğin glikolipid ve fosfoinositidler) içeren biyosubstanslarla reaksiyona girebileceği, hücre zarı fonksiyonları ya da stabilitesinin sürekliliğinde, hormon reseptörleri ve transmembran sinyallerinde etkili olabileceği sanılmasına karşın, insan ve hayvan dokularında biyokimyasal fonksiyonu çok az bilinmektedir (3, 5-7). Keza bor'un kemik (8, 9), mineral (10, 11-17), lipid metabolizması (18-22), enerji utilizasyonu (23, 24), immun (25) ve endokrin fonksiyon (14, 23-30) için önemli bir iz element olduğu öne sürülmektedir.

Bazı literatürler (6, 7) günlük alınması gereken B miktarının insanlarda 0,5-1,0 mg arasında değişebileceğini bildirmelerine karşın, kesin olarak insan ve hayvanlar için bir öneri bulunmamaktadır (31).

İnsan, rat ve tavuklarda rasyona bor ilavesi plazma glikoz, β-hidroksibütirat, trigliseritler, triiyodotironin, kolesterol düzeylerini düşürürken, plazma östradiol ve testesteron konsantrasyonlarını artırdığı, tavuklarda 240 mg/kg'a kadar bor ilavesinin canlı ağırlık üzerinde olumlu etkileri olduğu ileri sürülmektedir (10, 32-37). Bor'un canlılarda protein

metabolizmasında fonksiyonel rol oynayabileceğine dair çalışmalar da mevcuttur (18, 22, 23, 38, 39).

Bor yetersizliğinin belirtileri rasyondaki vitamin D, kalsiyum, magnezyum ve muhtemelen diğer besin maddeleriyle ilgili olabilir (3). Bor yetersizliğine bağımlı olarak ortaya çıkan semptomların, fizyolojik stres faktörlerinin varlığında daha belirgin hale geldiği, bor yetmezliğinde kemik ve kıkırdak gelişiminde etkili makrominerallerin depresse edildiği, plazma ve organ kalsiyum, magnezyum, alkalin fosfataz düzeylerinin etkilendiği belirtilmektedir (6, 7, 33, 11-13, 24, 40- 42).

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 (43, 44).

Deneme hayvanlarında ve insanlarda borik asit ve boraks'ın sistemik toksik etkilerine bağlı olarak kan, doku ve idrar bor düzeyleri artarken, en yüksek düzeylerin beyin, karaciğer ve böbreklerde görüldüğü daha sonra kanın geldiği bulunmuştur (45, 46). Birçok türlerde (sığır, rat, domuz, broyler) bor elementinin aşırı alımına bağlı olarak tırnak etrafındaki deri ve bacaklarda ödem ve yangılar, gıda alımı, büyüme, hematokrit değer, hemoglobin ve plazma fosfor düzeylerinde düşmeler, riboflavinüri, ayak parmağı kıvrım yerlerinde paraliz, kalsiyum metabolizmasının olumsuz yönde etkilenmesi, paratiroid aktivitesinde düşüşle birlikte osteoporozisin şekillenmesi, sperma yapımında inhibisyon, testiküler atrofi, ovaryum gelişiminde bozukluk, plazma trigliserit, protein ve kalsiyum konsantrasyonunun ve alkalin fosfataz aktivitesinin düşmesi, alopesia, dermatitis, hipertoni gibi bozukluklar ve hatta ölümün görülebileceği belirtilmiştir (3, 7, 40, 43-45, 47-49).

4. GEREÇ VE YÖNTEM

4.1. Hayvan materyali

Çalışmada 168 adet günlük broyler civciv kullanılmıştır. Hayvanlar araştırma süresince Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği'ndeki kümeslerde barındırılmıştır. Hayvanlar, her birinde 7'er hayvan olacak şekilde 3 tekrarlı 8 gruba ayrılarak yer bölmelerine yerleştirilmiştir.

Gruplar	Rasyon	Hayvan sayısı (42 gün)
Kontrol grubu	Bazal rasyon	3x7=21
1.deneme grubu	Bazal rasyon + 10 mg/kg bor	3x7=21
2.deneme grubu	Bazal rasyon + 50 mg/kg bor	3x7=21
3.deneme grubu	Bazal rasyon + 100 mg/kg bor	3x7=21
4.deneme grubu	Bazal rasyon + 250 mg/kg bor	3x7=21
5.deneme grubu	Bazal rasyon + 500 mg/kg bor	3x7=21
6.deneme grubu	Bazal rasyon + 750 mg/kg bor	3x7=21
7.deneme grubu	Bazal rasyon + 1000 mg/kg bor	3x7=21

4.2. Yem materyali

Kontrol grubu bor ilave edilmeyen ticari broyler yemiyle (bazal rasyon), diğer gruplar ise bazal rasyona borik asit (H_3BO_3) şeklinde 10, 50, 100, 250, 500, 750 ve 1000 mg/kg bor ilave edilen yemle beslenmiştir. Tüm gruplara yem ve su *ad libitum* sağlanmıştır. Hayvanlara verilen rasyonun bileşimi Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kontrol ve deneme gruplarına uygulanan civciv ve piliç rasyon % bileşimi

Yem maddesi	Civciv rasyonu	Piliç rasyonu
Mısır	30	40,6
Tam yağlı soya	26,9	17
Ayçiçeği küspesi, 36 pro	16,9	12,5
Buğday	10,4	14
Soya fasülyesi küspesi 44	8	8,1
Et-kemik unu	3	3,5
Yağ	3	2,5
Kireç taşı	0,9	0,9
Vitamin-Mineral*	0,25	0,25
Tuz	0,25	0,25
Metiyonin	0,14	0,12
Enzim	0,1	0,1
Lizin	0,09	0,11
Fitaz	0,07	0,07
Hesaplanan değerler		
Ham protein	24	21
Metabolik enerji (kcal/kg)	3100	3100
Ham sellüloz	6,4	5,2
Ham yağ	10,6	7,9
Ham kül	6,9	6,03
Kalsiyum	1	1
Fosfor	0,73	0,75
Metiyonin	0,6	0,5
Lizin	1,3	1,1
Ölçülen değerler		
Kuru madde	92,8	91,6
Ham kül	5,52	6,35
Ham yağ	9,98	9,92
Ham protein	23,5	22,2
Ham sellüloz	5,48	6,86

* *Kg yemle sağlanan*: vitamin A, 12000I/U; vitamin D_3, 1500I/U; vitamin E, 30 mg; vitamin K3, 5 mg; vitamin B1, 3 mg; vitamin B2, 6 mg, vitamin B6, 5 mg; vitamin B12, 0,03 µg; nikotinamid, 40 mg; vitamin C, 50 mg; kalsiyum D pantotenat, 10 mg; folik asit 0,75 µg; biotin, 0,075 µg; kolin klorid, 375 mg; Mn, 80 mg, Fe, 40 mg; Zn, 60 mg; Cu, 5 mg; I, 0,4 µg; Co, 0,1 µg; Se, 0,15 µg, antioksidan, 10 mg.

4.3. Örnek toplama ve analiz

Deneme boyunca hayvanların haftalık canlı ağırlık değişimleri ve yem tüketimleri kaydedilmiştir. Yemden yararlanma oranı, haftalara göre, kg canlı ağırlık kazancı için tüketilen yem miktarından (kg) hesaplanmıştır (tüketilen yem, kg /canlı ağırlık kazancı, kg).

Denemede kullanılan yem maddeleri ve rasyonların besin madde miktarları A.O.A.C.'de (50) bildirilen analiz metodlarına göre belirlenmiştir. Metabolik enerji düzeyleri ise Carpenter ve Clegg (51)'e göre hesaplanmıştır. Bazal rasyondaki B miktarı A.O.A.C.'de (52) bildirilen analiz metodlarına göre ICP (AES Varion Vista Model, Sydney, Australia) cihazında belirlenmiştir.

Denemenin 42.gününde her gruptan 12 adet hayvandan 3-5 mL alınan kan örneklerinden kazanılan serumlarda aspartat amino transferaz (AST), alanin amino transferaz (ALT), gama glutamil transpeptidaz (GGT), laktat dehidrogenaz (LDH), alkalin fosfataz (ALP), kreatinin, total protein, albumin, kalsiyum (Ca), fosfor (P), magnezyum (Mg), glikoz, trigliserit, total kolesterol, HDL ve LDL-kolesterol düzeyleri analizleri Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Biyokimya Anabilim Dalı Laboratuvarında bulunan Shimadzu UV Model 1208 spektrofotometre ile spektrofotometrik yöntemlerle çalışan ticari kitler kullanılarak çift okuma yapılarak saptanmıştır. Serum globulin değerleri serum total protein değerlerinden albumin değerlerinin çıkarılması ile hesaplanmıştır.

Deneme sonunda her gruptan 12'şer hayvanın nekropsisi yapılarak karaciğer, böbrek, beyin, ve göğüs kası örnekleri alınmış ve bor'un organlarda meydana getirebileceği histopatolojik değişiklikler incelenmiştir. Nekropsi yapılan hayvanlardan alınan doku örnekleri % 10'luk tamponlu formalinde tesbit edilmiştir. Bu işlemi trimleme işlemi takip etmiştir. Daha sonra dokular doku takip cihazında işlenerek parafin bloklara alınmıştır. Bloklardan 5-6µ kalınlığında kesitler alınarak rutin HemotoksilenxEozin (HxE) boyası ile boyanarak ışık mikroskopta incelenmiştir (53).

4.4. İstatistik değerlendirme

Elde edilen veriler, SPSS 13.0 istatistik paket programı kullanılarak tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilmiştir.

5. BULGULAR

5.1. Canlı Ağırlık

Kontrol ve deneme gruplarında haftalara göre broylerlerin canlı ağırlıkları Tablo 2'de verilmiştir.

Birinci hafta, kontrol grubuna göre en yüksek canlı ağırlık 100 mg/kg B verilen grupta, en düşük canlı ağırlık ise 250, 500, 750 ve 1000 mg /kg B verilen gruplarda belirlenmiştir (P<0,001).

İkinci hafta, kontrol grubuna göre en düşük canlı ağırlık 500, 750 ve 1000 mg/kg B verilen gruplarda görülmüştür (P<0,001).

Üçüncü hafta, kontrole göre en yüksek canlı ağırlık 10 ve 100 mg/kg B verilen gruplarda belirlenirken, 500, 750 ve 1000 mg/kg B verilen gruplarda canlı ağırlıklar daha düşüktü (P<0,001).

Dördüncü hafta, kontrole göre en yüksek canlı ağırlık 100 mg/kg B verilen grupta, en düşük canlı ağırlıklar 500, 750 ve 1000 mg/kg B verilen gruplarda saptanmıştır (P<0,001).

Beşinci hafta, kontrole göre en yüksek canlı ağırlık, 100 mg/kg B verilen grupta, en düşün canlı ağırlık 500, 750 ve 1000 mg/kg B verilen gruplarda gözlenmiştir (P<0,001).

Altıncı hafta, kontrol grubuna göre 10, 50, 100 ve 250 mg/kg B verilen gruplarda canlı ağırlık yönünden istatistik olarak önemli bir fark belirlenmezken, 500, 750 ve 1000 mg/kg B verilenlerde önemli düzeyde düşük bir canlı ağırlık saptanmıştır (P<0,001).

Tablo 2. Broyler yemlerine B ilavesinin canlı ağırlığa etkisi (Canlı ağırlık, g)

	B (mg/kg yem)								
Haftalar	Kontrol	10	50	100	250	500	750	1000	P
Başlangıç	43,22±0,85	43,17±0,83	43,08±0,69	43,57±0,73	42,96±1,00	43,09±0,72	43,09±0,64	42,78±0,67	-
1	130,92±3,20 bc	136,58±3,81 ab	137,41±2,51 ab	138,54±1,90 a	126,33±3,02 c	124,50±2,09 c	128,63±1,74 c	112,46±1,77 d	***
2	323,25±7,38 ab	335,25±7,96 a	315,58±7,46 ab	332,50±6,54 a	309,50±7,45 b	271,67±7,18 c	288,25±6,52 c	218,88±4,46 d	***
3	600,58±19,28 b	651,58±15,14 a	614,13±15,24 ab	647,83±15,55 a	593,92±11,27 b	493,13±10,97 c	524,58±12,81 c	368,87±10,21 d	***
4	942,63±20,91 b	1007,79±26,09 ab	941,79±26,81 b	1022,09±27,19 a	944,88±17,76 b	803,57±13,65 c	776,08±22,20 c	525,73±16,18 d	***
5	1327,25±29,52 bc	1402,79±40,67 ab	1289,57±34,79 c	1434,00±40,31 a	1371,17±27,75 abc	1130,27±24,56 d	1046,25±34,03 d	695,81±21,37 e	***
6	**1864,63±47,38 a**	**1924,33±66,43 a**	**1830,00±52,92 a**	**1944,00±58,27 a**	**1833,91±39,60 a**	**1553,09±40,35 b**	**1391,00±45,24 c**	**889,40±29,17 d**	***

N=24, -: önemsiz (P>0,05) ***: P<0,001

5.2. Canlı Ağırlık Kazancı

Kontrol ve deneme gruplarında haftalara göre broylerlerin canlı ağırlık artışları Tablo 3'de verilmiştir.

Genel olarak, canlı ağırlık kazancı, 500, 750 ve 1000 mg /kg B verilen gruplarda gerek kontrol gerekse diğer deneme gruplarına göre istatistiki olarak önemli düzeyde düşük bulunmuştur (P<0,001).

Tablo 3. Broyler yemlerine B ilavesinin canlı ağırlık kazancına etkisi (Canlı ağırlık artışı, g)

	B (mg/kg yem)								
Hafta	Kontrol	10	50	100	250	500	750	1000	P
1-0	87,70±2,38 ab	93,42±3,59 a	94,55±2,36 a	94,97±1,42 a	83,37±5,78 b	81,41±2,85 b	87,04±0,91 ab	69,69±0,75 c	***
2-1	192,33±1,16 ab	198,66±3,98 a	178,16±3,04 c	193,96±3,75 ab	183,16±1,60 bc	147,16±6,46 d	158,12±7,95 d	106,41±3,12 e	***
3-2	277,33±9,49 a	316,33±9,22 a	298,54±15,95 a	315,33±8,77 a	284,42±6,86 a	221,51±23,40 b	236,33±15,77 b	149,29±5,32 c	***
4-3	342,04±4,01 a	356,21±11,97 a	371,67±37,09 a	374,25±33,53 a	350,96±3,52 a	325,97±23,83 a	251,50±29,17 b	154,39±21,68 c	***
5-4	384,62±40,42 a	395,00±16,54 a	299,89±19,92 b	418,02±4,68 a	396,29±9,63 a	310,35±35,13 b	270,17±27,09 b	170,29±5,03 c	***
6-5	598,58±97,11 a	530,53±12,60 ab	540,77±56,36 ab	483,45±4,49 abc	491,06±15,17 abc	427,32±41,17 bc	354,07±9,95 c	194,78±4,75 d	***
6-0	**1882,62±73,23 a**	**1890,15±4,42 a**	**1783,58±101,39 a**	**1879,98±34,18 a**	**1789,26±19,92 a**	**1513,73±77,01 b**	**1357,23±82,18 b**	**844,84±18,08 c**	***

N=24, ***: P<0,001

5.3. Yem Tüketimi

Kontrol ve deneme gruplarında haftalara göre broylerlerin yem tüketimleri Tablo 4'de verilmiştir.

Genel olarak en düşük yem tüketimi 1000 mg/kg B verilen grupta saptanmıştır ($P<0,001$).

Tablo 4. Broyler yemlerine B ilavesinin yem tüketimine etkisi (Yem tüketimi, g)

	B (mg/kg yem)								
Haftalar	Kontrol	10	50	100	250	500	750	1000	P
1	140,43±5,41	165,46±11,19	162,88±6,25	161,58±3,10	156,38±14,24	146,50±9,44	155,83±4,71	149,25±16,50	-
2	304,85±7,49 c	351,50±9,61 a	350,17±6,79 a	358,79±8,22 a	344,17±11,03 ab	309,29±19,71 bc	320,42±8,47 abc	241,63±16,08 d	***
3	485,52±5,24 a	531,33±4,79 a	537,50±23,97 a	521,00±5,91 a	469,83±33,41 ab	405,07±98,56 ab	434,00±9,12 ab	326,61±64,22 b	*
4	647,64±19,28	744,08±15,72	721,83±11,78	853,33±121,91	674,25±12,36	751,14±85,03	672,17±74,05	764,84±68,01	-
5	839,61±25,75 ab	869,33±3,69 ab	788,02±25,42 abc	800,07±86,01 abc	806,71±13,02 abc	689,51±67,49 bcd	641,75±23,19 cd	527,90±95,11 d	**
6	1160,12±22,15 abc	1268,25±60,27 a	1171,48±95,59 abc	1203,80±40,37 ab	1121,22±27,03 abc	954,71±136,17 bcd	927,50±50,75 cd	720,61±118,82 d	**
Toplam	**3578,15±35,03 ab**	**3929,96±86,60 a**	**3804,38±125,42 a**	**3898,58±212,33 a**	**3572,58±24,53 ab**	**3256,24±149,96 b**	**3151,67±49,43 bc**	**2730,84±261,92 c**	***

N=24, -: önemsiz (P>0,05) *:P<0,05, **: P<0,01, ***: P<0,001

5.4. Yemden Yararlanma Oranı

Kontrol ve deneme gruplarında haftalara göre broylerlerin yem tüketimleri Tablo 5'de verilmiştir. Genel olarak yemden yararlanma oranı 1000 mg/kg B verilen grupta diğer gruplara göre olumsuz etkilenmiştir.

Tablo 5. Broyler yemlerine B ilavesinin yemden yararlanma oranına etkisi (Yem tüketimi, kg/canlı ağırlık kazancı, kg)

	B (mg/kg yem)								
Haftalar	Kontrol	10	50	100	250	500	750	1000	P
1	1,60±0,08	1,77±0,08	1,72±0,04	1,70±0,02	1,87±0,09	1,80±0,09	1,79±0,07	2,14±0,24	-
2	1,59±0,05 e	1,77±0,03 de	1,97±0,06 bcd	1,85±0,03 cd	1,88±0,07 bcd	2,10±0,05 ab	2,04±0,13 bc	2,27±0,09 a	***
3	1,76±0,07	1,68±0,06	1,82±0,18	1,66±0,06	1,65±0,10	1,98±0,71	1,86±0,17	2,22±0,52	-
4	1,89±0,05 b	2,09±0,05 b	1,98±0,17 b	2,28±0,25 b	1,92±0,05 b	2,32±0,31 b	2,80±0,61 b	5,31±1,31 a	**
5	2,22±0,18	2,21±0,08	2,66±0,26	1,92±0,22	2,04±0,05	2,28±0,30	2,43±0,29	3,07±0,46	-
6	2,03±0,28 b	2,39±0,06 b	2,20±0,22 b	2,49±0,08 b	2,28±0,02 b	2,22±0,10 b	2,62±0,07 b	3,70±0,61 a	**
Toplam	**1,91±0,08 b**	**2,08±0,04 b**	**2,14±0,12 b**	**2,07±0,08 b**	**2,00±0,02 b**	**2,16±0,09 b**	**2,35±0,19 b**	**3,23±0,26 a**	***

N=24, -: önemsiz (P>0,05), **: P<0,01, ***: P<0,001

5.5. Serum Parametreleri

5.5.1. Serum enzim aktiviteleri

Kontrol ve deneme gruplarında serum enzim aktiviteleri Tablo 6'da verilmiştir.

Serum AST enzim aktivitesinde kontrol grubuna göre 10 ve 50 mg/kg B verilen gruplarda değişme gözlenmezken, diğer deneme gruplarında önemli düzeyde düşüş saptanmıştır. En fazla düşme 1000 mg/kg B verilen grupta belirlenmiştir ($P<0,001$).

Serum ALT enzim aktivitesi, tüm gruplar içerisinde sadece 1000 mg/kg B verilen grupta en düşük düzeyde saptanmış olup ($P<0,05$), 1000 mg/kg B verilen grup hariç diğer gruplar arasında genel olarak serum ALT enzim aktivitesi yönünden istatistiki olarak önemli bir fark gözlenmemiştir.

Serum LDH enzim aktivitesi, kontrol grubuna göre 10 ve 50 mg/kg B verilen gruplar hariç diğer B gruplarında önemli düzeyde artış göstermiştir ($P<0,05$).

Serum GGT, ALP ve CK enzim aktiviteleri, B uygulamalarından etkilenmemiştir ($P>0,05$).

Tablo 6. Broyler yemlerine B ilavesinin bazı serum enzim aktivitelerine etkisi (IU/L)

	B (mg/kg yem)								
Enzim	Kontrol	10	50	100	250	500	750	1000	P
AST	275,73±12,25 a	254,67±9,12 ab	253,33±9,24 ab	236,26±6,51 bc	216,84±9,31 cd	227,94±9,76 bc	221,63±13,58 c	188,50±10,69 d	***
ALT	20,24±3,09 ab	16,24±3,29 abc	26,39±9,68 a	16,42±2,60 abc	10,92±1,94 bc	16,11±2,09 abc	10,78±2,78 bc	3,91±0,78 c	*
GGT	23,02±1,99	25,59±1,71	19,96±1,49	20,75±1,36	23,67±2,18	22,67±1,47	21,64±1,31	23,69±3,11	-
ALP	1530,42±90,91	1213,98±104,17	1334,58±136,27	1384,72±151,03	1407,33±158,95	1710,39±43,92	1600,42±103,57	1435,17±127,35	-
CK	1541,30±296,30	1764,90±179,12	1827,24±210,11	1884,37±226,18	1300,16±193,18	1280,38±119,37	1270,41±134,84	1285,98±89,77	-
LDH	2485,93±646,48 b	3243,22±460,11 ab	3160,96±454,12 ab	4016,29±440,21 a	4183,85±371,68 a	4132,53±404,98 a	4108,19±238,73 a	4189,91±198,69 a	*

N=12, -: önemsiz (P>0,05), *: P<0,05, **: P<0,01, ***: P<0,001

5.5.2. Serum protein, glikoz, kreatinin ve bazı mineral düzeyleri

Kontrol ve deneme gruplarının serum total protein, albumin, globulin, glikoz, kreatinin, Ca, P ve Mg düzeyleri tablo 7'de gösterilmiştir.

Kontrol grubuna göre serum total protein düzeyleri sadece 750 ve 1000 mg/kg B verilen gruplarda, globulin düzeyleri de 1000 mg/kg B verilen grupta istatistiki olarak önemli düzeyde düşük bulunmuştur (P<0,001).

Serum P düzeylerinde kontrol grubuna göre 10, 50 ve 100 mg/kg B verilen gruplarda istatistiki olarak önemli düzeyde bir değişme gözlenmezken (P>0,05), 250, 500, 750 ve 1000 mg/kg B verilenlerde önemli bir düşüş saptanmıştır (P<0,001).

Tüm gruplar karşılaştırıldığında sadece 1000 mg/kg B verilen grupta serum Mg düzeylerinde önemli düzeyde bir düşme belirlenmiştir (P<0,001).

Serum glikoz düzeyleri kontrol grubuna göre tüm B verilen deneme gruplarında istatistiki önemde düşmüştür (P<0,01).

Serum albumin, kreatinin ve Ca düzeyleri ise B uygulamalarından etkilenmemiştir (P>0,05).

Tablo 7. Broyler yemlerine B ilavesinin serum protein, glikoz, kreatinin ve bazı mineral düzeylerine etkisi

	B (mg/kg yem)								
Parametre	Kontrol	10	50	100	250	500	750	1000	P
T. Protein (g/dL)	4,11±0,06 a	4,03±0,05 ab	4,25±0,06 a	4,19±0,04 a	4,09±0,06 a	4,10±0,09 a	3,81±0,11 bc	3,61±0,16 c	***
Albumin (g/dL)	1,49±0,03	1,58±0,08	1,43±0,04	1,45±0,03	1,46±0,04	1,44±0,04	1,37±0,03	1,50±0,07	-
Globulin (g/dL)	2,62±0,05 ab	2,46±0,10 b	2,82±0,06 a	2,74±0,05 ab	2,62±0,05 ab	2,67±0,07 ab	2,45±0,11 b	2,11±0,17 c	***
Glikoz (mg/dL)	254,15±11,32 a	209,97±16,11 b	198,86±12,50 b	195,99±12,37 b	194,31±9,82 b	190,89±9,51 b	183,16±9,21 b	183,93±12,03 b	**
Kreatinin (mg/dL)	0,38±0,02	0,40±0,02	0,50±0,05	0,43±0,01	0,37±0,03	0,49±0,09	0,34±0,02	0,39±0,04	-
Ca (mg/dL)	7,12±0,32	6,60±0,30	6,22±0,14	6,79±0,11	6,85±0,15	6,82±0,18	6,74±0,21	6,24±0,26	-
P (mg/dL)	6,61±0,20 a	6,61±0,28 a	6,76±0,21 a	6,33±0,23 ab	5,50±0,41 d	5,82±0,18 cd	5,49±0,22 d	5,84±0,11 bc	***
Mg (mg/dL)	2,10±0,02 a	2,00±0,04 a	1,99±0,02 a	2,04±0,03 a	2,03±0,03 a	2,03±0,02 a	1,98±0,02 a	1,52±0,08 b	***

N=12, -: önemsiz (P>0,05), **: P<0,01, ***: P<0,001

5.5.3. Serum lipid düzeyleri

Kontrol ve deneme gruplarının serum lipid düzeyleri tablo 8'de verilmiştir.

Serum trigliserit düzeyleri yönünden kontrol grubu ile 10 ve 50 mg/kg B verilen gruplar arasında istatistiki olarak önemli bir fark saptanmazken (P>0,05), bu gruplara göre 100, 250, 500, 750 ve 1000 mg/kg B verilen gruplarda trigliserit düzeyleri önemli düzeyde düşüş göstermiştir. En düşük düzey, 1000 mg/kg B verilen grupta görülmüştür (P<0,001).

Serum LDL kolesterol düzeyleri de 250, 500, 750 ve 1000 mg/kg B verilen gruplarda kontrol ve 10, 50 ve 100 mg/kg B verilen gruplara göre istatistiki önemde düşmüştür (P<0,001).

Bor uygulamaları serum total kolesterol ve HDL kolesterol düzeylerini önemli oranda etkilememiştir (P>0,05).

Tablo 8. Broyler yemlerine B ilavesinin bazı serum lipid düzeylerine etkisi (mg/dL)

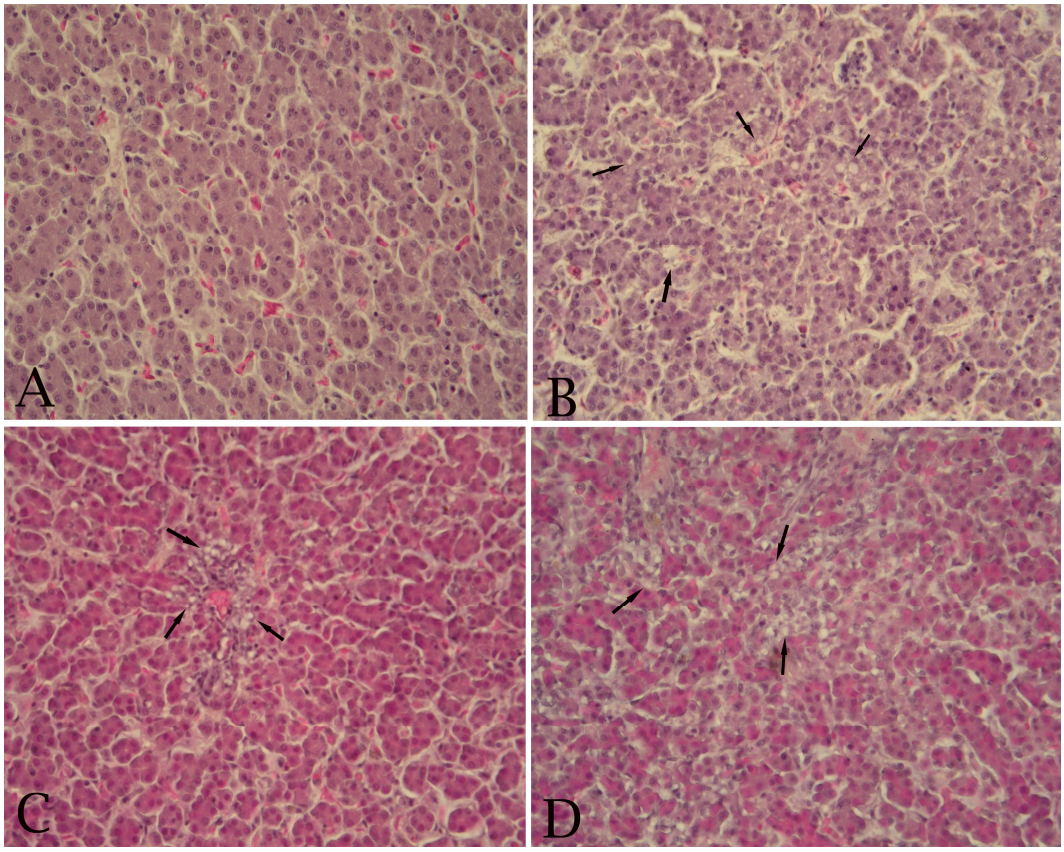
	B (mg/kg yem)								
Parametre	**Kontrol**	**10**	**50**	**100**	**250**	**500**	**750**	**1000**	**P**
Trigliserit	95,42±3,40 a	94,52±4,90 a	96,66±6,02 a	79,28±8,77 b	79,06±4,09 b	66,01±4,37 c	64,37±2,96 c	52,29±2,26 d	***
Total kolesterol	175,77±4,34	162,06±9,20	167,03±6,03	160,70±8,54	164,92±4,47	165,36±5,35	161,13±5,66	145,31±4,17	-
HDL-kolesterol	82,08±1,54	82,76±3,12	87,26±2,67	85,38±3,20	83,94±3,73	89,63±3,40	86,17±3,02	84,90±3,41	-
LDL-kolesterol	52,18±1,34 a	55,41±1,30 a	57,59±3,13 a	55,72±2,68 a	18,71±1,81 b	21,06±1,33 b	15,61±0,99 b	15,85±0,87 b	***

N=12, -: önemsiz (P>0,05), ***: P<0,001

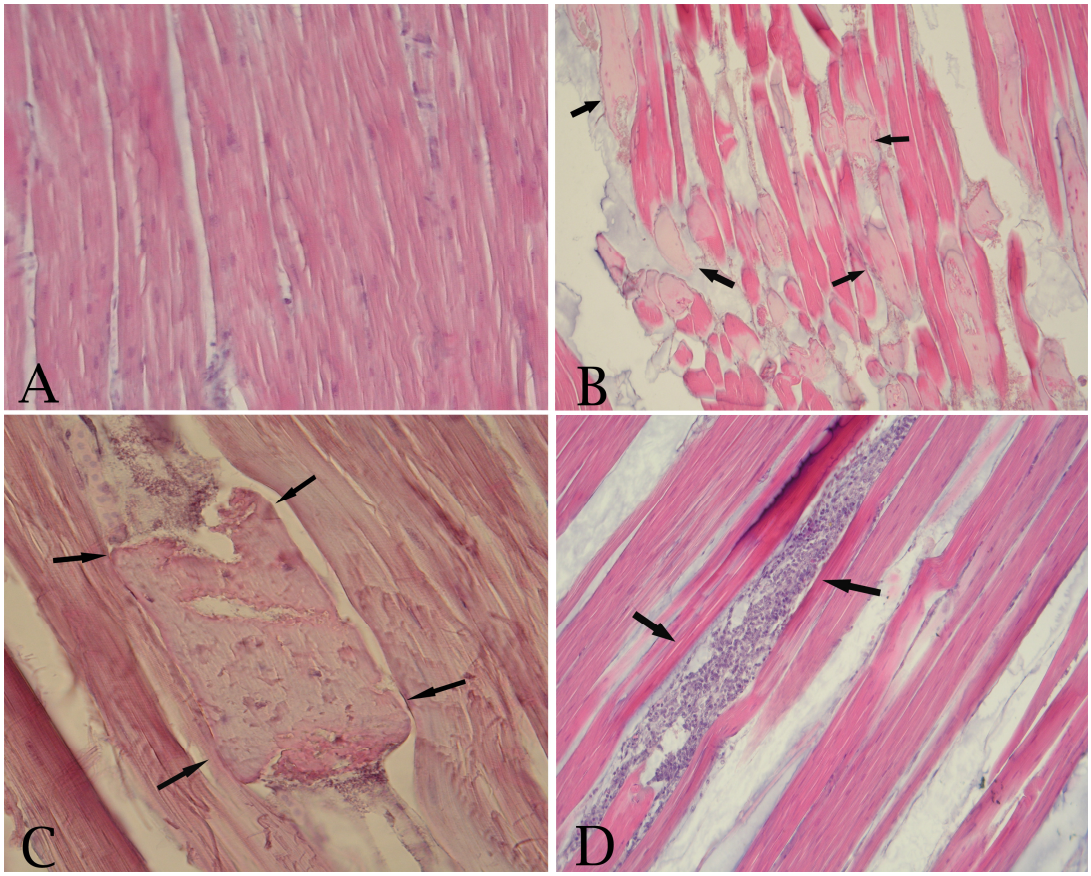
5.6. Histopatolojik bulgular

Kontrol grubundaki dokularda hiçbir patolojik bulguya rastlanmamıştır.

Beşyüz mg/kg B verilen gruplardaki hayvanların karaciğerinde parankimde kısmi dissosiasyon alanları ile fokal tarzda dejeneratiften nekroza kadar giden odaklar görüldü. Hepatosit stoplazmalarında küçük, yuvarlak, keskin kenarlı yağ vakuolleri dikkati çekti. Bazı kesitlerde iki odak halinde lenfoid hücre infiltrasyonu görüldü (Şekil 1). Kaslarda fokal nekrotik alanlar seçildi (Şekil 2). Böbrek ve beyin normal olarak gözlendi.

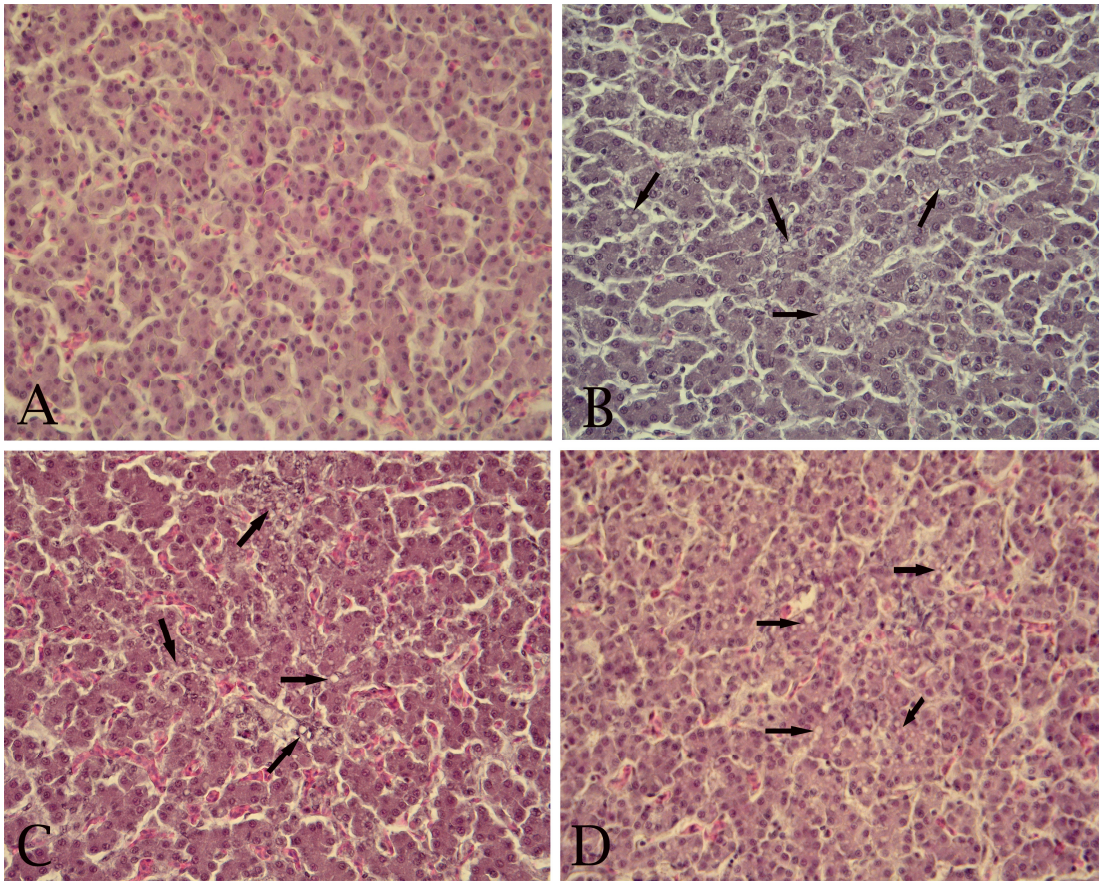


Şekil 1. A. Kontrol grubu hayvanlarda karaciğerin normal görünümü. HxE, x200.
B. Hepatosit stoplazmalarında farklı büyüklükte yağ vakuollerinin görünümü (oklar). HxE, x200.
C. Karaciğerde yağ dejenerasyonunun görüldüğü fokal alan (oklar). HxE, x200.
D. Karaciğerde yağ dejenerasyonu ve beliren disosiasyonun görüldüğü bölgeler (oklar). HxE, x200.

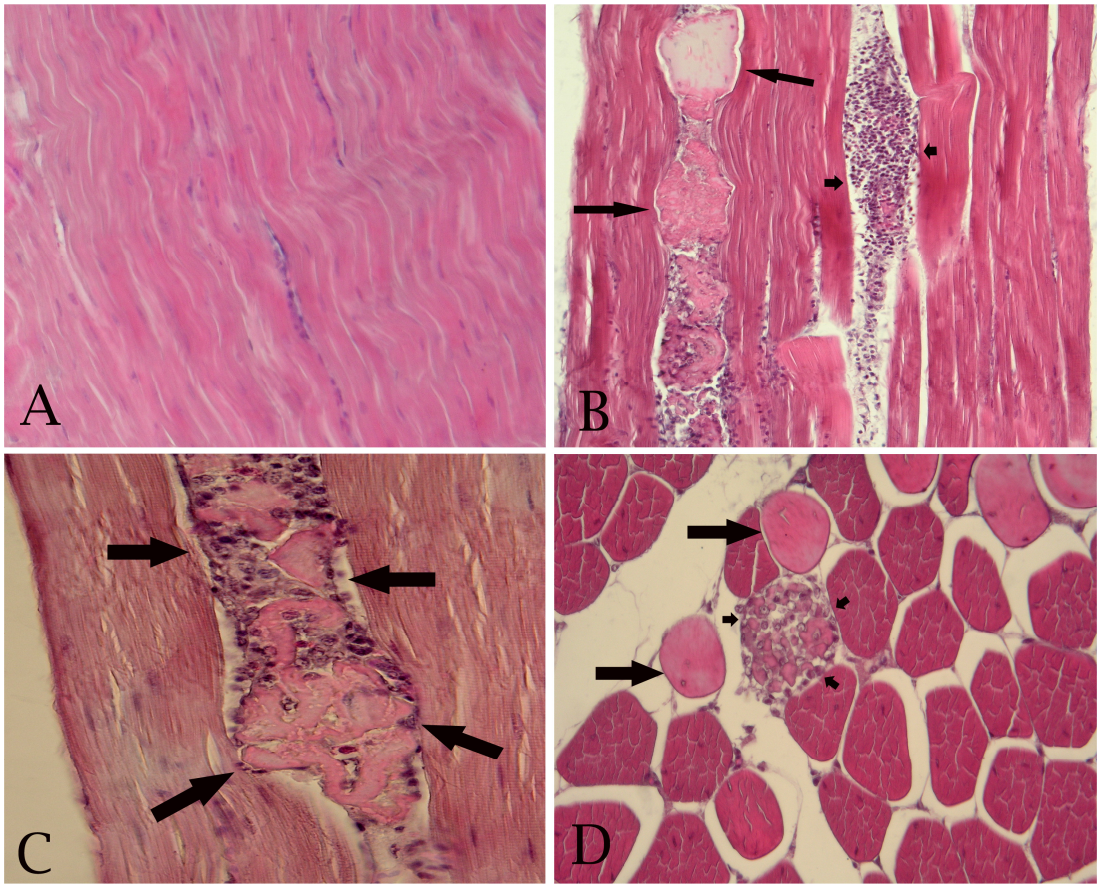


Şekil 2. A. Kontrol grubu hayvanlarda kasların normal görünümü. HxE, x400.
B. Kas liflerinde pembe homojen renkli nekrotik alanlar (oklar). HxE, x400.
C. Nekroza bağlı olarak kas lifinin parçalanması (oklar). HxE, x400.
D. Kas lifleri arasında nekrotik alanda görülen mononüklear hücre infiltrasyon odakları (oklar). HxE, x400.

Yediyüz elli mg/kg B verilen hayvanların karaciğerlerinde fokal alanlar tarzında hepatositlerde yağlanma, fokal tarzda dejeneratiften nekroza kadar giden odaklar saptandı (Şekil 3). Kas liflerinde fokal odaklar tarzında nekrozlar belirlenirken, böbrek ve beyin dokusunun normal olduğu görüldü (Şekil 4).

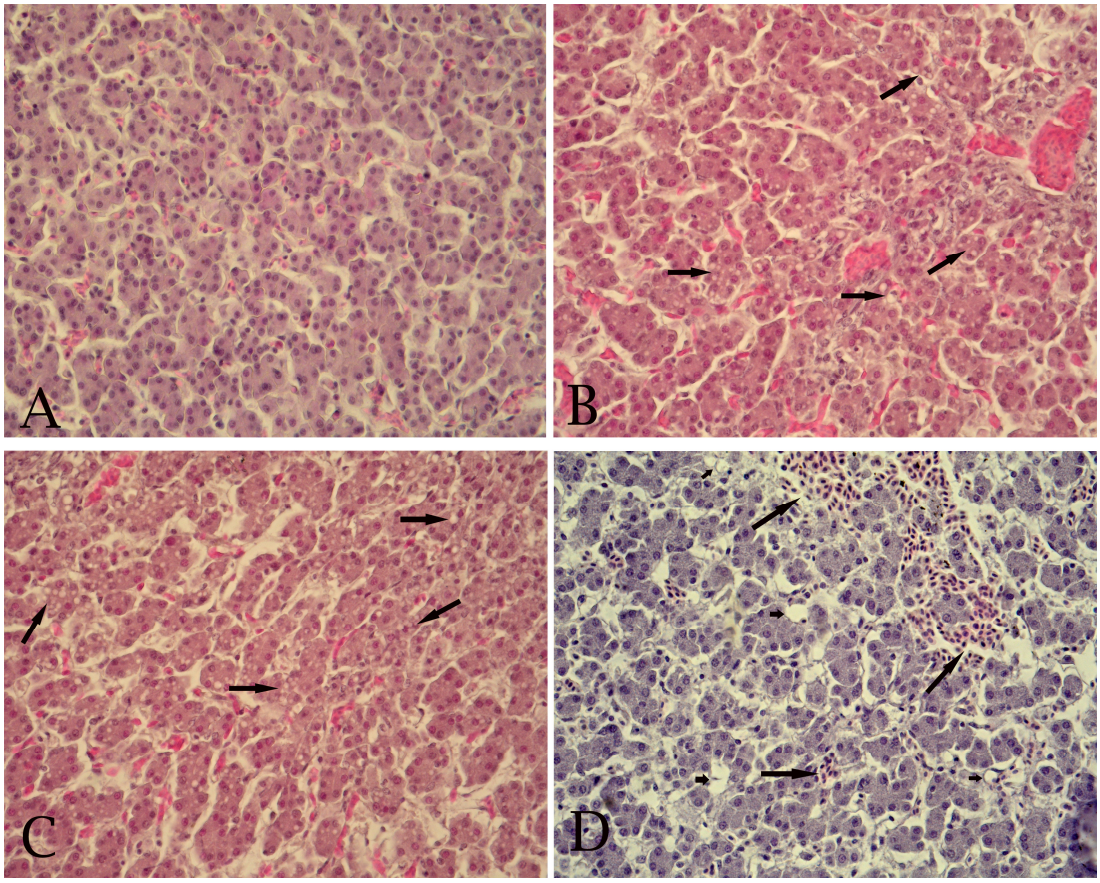


Şekil 3. A. Kontrol grubu hayvanlarda karaciğerin normal görünümü. HxE, x200.
B. Hepatosit stoplazmalarında farklı büyüklükte yağ vakuollerinin görünümü (oklar). HxE, x200.
C. Karaciğerde yağ dejenerasyonunu (oklar) ve hepatositlerde dissosiasyonun görünümü (oklar). HxE, x200.
D. Karaciğerde diffuz olarak gözlenen yağ dejenerasyon alanları (oklar). HxE, x200.

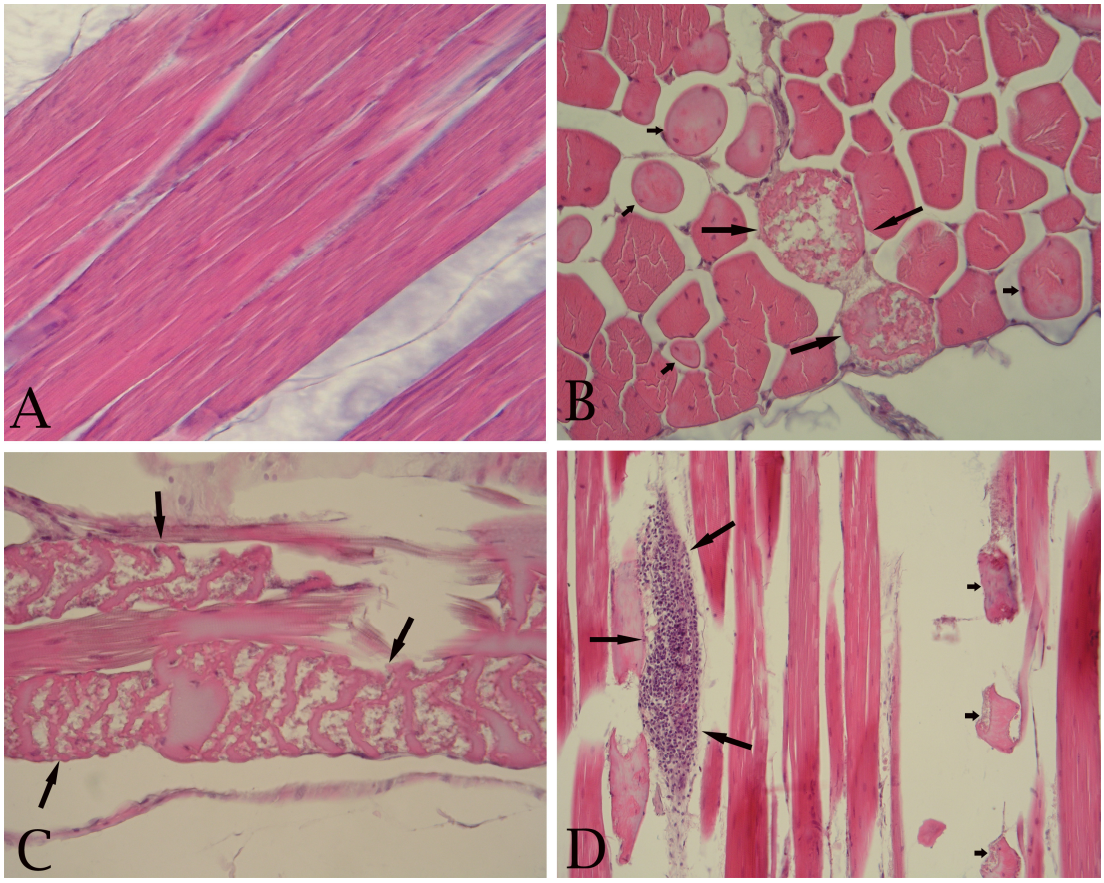


Şekil 4. A. Kontrol grubu hayvanlarda kasların normal görünümü. HxE, x100.
B. Kas liflerinde nekrozlar (büyük oklar) ve mononüklear hücre infiltrasyonları (küçük oklar). HxE, x100.
C. Kas liflerindeki nekrotik alanda mononüklear hücrelerin görünümü (oklar). HxE,x400.
D. Kas liflerinin enine kesitinde nekrotik alanlar (büyük oklar) ve parçalanmış kas lifinde mononüklear hücre infiltrasyonlarının görünümü(küçük oklar). HxE,x200.

Bin mg/kg B verilen hayvanların karaciğer hepatositlerinde fokal alanlar oluşturacak şekilde yağ vakuolleri ve bazı hepatositlerde dejeneratif değişiklikler (Şekil 5), kas liflerinde fokal nekrozlar gözlendi (Şekil 6).



Şekil 5. A. Kontrol grubu hayvanlarda karaciğerin normal görünümü. HxE, x200.
B. Diffuz yerleşim gösteren hepatosit stoplazmalarındaki yağ vakuollerinin (oklar) görünümü. HxE, x200.
C. Dissosiasyon ve yağlanmanın belirgin seçildiği (oklar) hepatositlerin görünümü (oklar). HxE, x200.
D. Hepatositlerde yağ dejenerasyonu (küçük oklar) ve sinuzoidlerde eritrosit yığınlarının (büyük oklar) görünümü. HxE, x200.



Şekil 6. A. Kontrol grubu hayvanlarda kasların normal görünümü. HxE, x400.
B. Kas liflerinin enine kesitlerinde pembe homojen renkli nekrotik kaslar (küçük oklar) ve parçalanmış kasların (büyük oklar) görünümü. HxE, x200.
C. Kas liflerinin boyuna kesitinde nekroz sonucu parçalanmış kasların görünümü (oklar). HxE,x400.
D. Kas lifleri arasında nekrotik bölgede mononüklear hücre infiltrasyonları (büyük oklar) ve nekrotik kaslar (küçük oklar). HxE,x200.

6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Son yıllarda önemi anlaşılan ve yoğun bir şekilde çalışılan iz elementlerden birisini oluşturan B'un insan ve hayvanlar için esansiyel olabileceğine ilişkin bulgulara yakın zamanda ulaşılmış ve mineral (10, 11-17), lipid (18-22), enerji metabolizması (23, 24), immun sistem (25), endokrin fonksiyonlar (14, 23, 26-30), beyin fonksiyonları (46, 54, 55), performans (41, 56, 57, 58), osteoporoz (8), osteoartrit ve artritin (9) önlenmesinde olumlu etkileri olabileceği bildirilmiştir. Broylerlerde B'un değişik dozlarının performans (58, 41, 60, 61), biyokimyasal parametreler (17, 41, 58, 62, 69) ve organlar (43, 44) üzerine değişken etkilerinin belirlendiği sınırlı sayıda çalışmaya ulaşılabilmiş olup bu çalışmayla, broylerlerde yeme ilave edilen B'un, performans, bazı biyokimyasal parametreler ile organlar üzerine etkileri ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Bor'un hayvanlarda (domuz, rat, broyler, yumurtacı tavuk) canlı ağırlık, yem tüketimi ve yemden yararlanma oranına etkileri konusunda çalışmaların yürütüldüğü görülmektedir (1, 11, 56, 57). Domuzlarda yeme 5 ve 15 mg/kg sodyum borat olarak B ilavesinin performansı etkilemediği, ancak semipürifiye yeme aynı miktardaki B ilavesinin yemden yararlanmayı olumlu etkilediği bildirilirken (27, 56, 57) bu olguların tersine düvelerde B ilavesinin canlı ağırlık ve yem tüketimini düşürdüğü belirlenmiştir (1). Keza ratlarda yeme 2,4 mg/kg ve 200, 1000, 3000 mg/kg düzeyinde borik asit formunda B ilavesinin canlı ağırlığa etkisinin olmadığı, ancak 9000 mg/kg gibi yüksek düzeyde B ilavesinin canlı ağırlığı düşürdüğü ileri sürülmüştür (11). Elliot ve Edwards (58) broyler yemlerine 5, 10, 20, 40 ve 80 mg/kg, Wilson ve Ruszler (59) yumurtacı tavuklarda 50, 100, 200 mg/kg B ilavesinin canlı ağırlık, yem tüketimi ve yemden yararlanma oranını etkilenmediğini bildirmelerine karşın, Kurtoğlu ve ark (41) vitamin D_3'ten yetersiz yemle beslenen broylerlerin yemlerine 5 ve 25 mg/kg düzeyinde orthoborik asit katılmasının canlı ağırlık ve yem tüketimini olumlu yönde etkilediğini saptamışlar ve bu olgunun vitamin D_3 ile B arasındaki etkileşimden kaynaklanabileceğini öne sürmüşlerdir. Ancak Chapin ve ark (11)'nın domuzlarda belirledikleri 9000 mg/kg gibi yüksek dozda B'un zararlı etkilerinin hem broylerlerde (60, 61) hem de yumurtacı tavuklarda (13, 62) domuzlara göre çok daha düşük dozlar olan 300 mg/kg B ilavesi ile de ortaya çıktığı belirlenmiştir. Sunulan çalışmada, broyler yemlerine 250mg/kg'a kadar değişik düzeylerde borik asit formunda B ilavesi canlı ağırlık değerlerinde bir değişmeye neden olmamış ancak, bazı araştırmacıların bildirdiği gibi (60, 61) broylerler için yüksek dozlar olan 500, 750 ve 1000 mg/kg B'un yeme ilavesinin canlı ağırlığın önemli düzeyde baskılandığı saptanmıştır.

Yem tüketimi ve yemden yararlanma oranı da sadece 1000 mg/kg B verilen grupta olumsuz etkilenmiştir.

Kanatlılarda B'un günlük alımı için önerilen bir düzeyin olmadığı bildirilmektedir (1, 31). Bununla birlikte B'dan fakir tane yemler kanatlı rasyonlarında çokça kullanılmaktadır (44), bu nedenle kanatlı yemlerinin B yönünden yetersiz olabileceği düşünülmektedir.

Bor ile şekerler arasındaki reaksiyondan dolayı diabetes mellitus gibi patolojik durumların B tedavisiyle düzelebileceği ileri sürülmektedir (12). Wallace ve ark. (28) 2 hafta süresince 45-65 yaş arası sağlıklı 15 kişiye 11,6 mg verilen B'un plazma glikoz düzeylerini etkilemediğini bildirmişlerdir. Bununla birlikte, ratlarda (65) yeme 2,4 mg/kg B ilavesinin plazma glikoz, insülin ve pirüvat, köpeklerde (19) günlük 4 g B'un serum glikoz, kolekalsiferol yönünden yetersiz beslenen broylerlerde 3 mg/kg B'un (12) plazma glikoz konsantrasyonlarını düşürdüğü bildirilmiştir. Hunt (12) Zittle'a (1951) atfen, B ilavesiyle glikoz düzeylerindeki düşüşün, B'un glikozun yapısında yer alan hidroksil grubu ile kompleks oluşturarak plazma glikoz düzeylerinin baskılanmasından kaynaklanabileceğini ileri sürmüştür. Sunulan çalışmada, kontrol grubuna göre B verilen tüm deneme gruplarında serum glikoz düzeylerinin düşmesi Hunt (12)'un bildirdiği gibi, muhtemelen B'un glikozun yapısında yer alan hidroksil grubu ile kompleks oluşturmasından kaynaklanabilir.

Bor'un serum lipid düzeylerine etkisine ilişkin çalışmalarda farklı sonuçlar elde edilmiştir. Wallace ve ark (28) 2 hafta süresince 45-65 yaş arası sağlıklı 15 kişiye 11,6 mg verilen B'un plazma lipid düzeylerinin etkilemediğini bildirmişlerdir. Elkin ve ark. (64) yumurtacı tavukların yemlerine % 20 ve 40 oranlarda 1-stearilboronik asit ilavesinin plazma trigliserit, total kolesterol ve yumurta sarısı kolesterol düzeylerini etkilemediğini saptamışlardır. Bununla birlikte, Hall ve ark. (20) ratlara 16 gün süreyle verilen çeşitli fosfonoasetatların B analoglarının, birbirlerinden farklı oranda da olsa serum kolesterol ve trigliserit düzeylerini düşürdüğünü saptamışlardır. Bu araştırmacılar fosfonoasetatların karaciğerde trigliserit ve kolesterolün sentezini düşürerek veya lipidlerin safra ve dışkıya geçişini hızlandırarak ya da periferal dokularda lipidlerin depolanmasını azaltarak ve safra ile atılımlarını sağlamak için dokulardan karaciğere kolesterolün taşınmasını hızlandırarak (LDL ve HDL kolesterol içeriğini etkileyerek) lipid konsantrasyonlarını düşürdüğünü ileri sürmüşlerdir. Ratlarda farklı B bileşiklerinin yeme ilavesiyle serum kolesterol, LDL-kolesterol, trigliserit düzeylerinin azaldığı, HDL-kolesterol düzeylerinin ise N,N-dimethyl-n-octadecylamine borane ile arttığı, fakat tetrakis-μ-(trimethylamine-boranecarboxylato) cis-(trimethylamine-carboxyborane)-

dicopper (II) ile azaldığı bildirilmiştir (21). Naghii ve Samman (26) da içme sularına 0.46 g / L borik asit katılan ratlarda 4 hafta sonra plazma trigliserit ve HDL-kolesterol konsantrasyonlarının azaldığını saptamışlardır. Günlük 4 g B alan köpeklerde serum trigliserit düzeylerinin (19), protein kısıtlaması yapılan (%7 HP) yemle beslenen ve 1000 mg/kg B ilave edilen ördeklerde plazma trigliserit düzeylerinin (18) düştüğü belirlenmiştir. Eren ve Uyanık (22) yemlerine 400 mg/kg'a kadar değişik düzeylerde B ilave edilen yumurtacı tavuklarda serum trigliserit ve total kolesterol düzeylerinin düştüğünü tespit etmişlerdir. Diğer yandan Hunt ve Herbel (27) B ilavesinin, aç kalan ratlarda plazma trigliserit konsantrasyonunu artırdığını, B'un yağ asidi oksidasyonu ve glikoneogenezisin bazı basamaklarını inhibe ederek hem karbonhidrat hem de lipid metabolizmasını etkilediğini ileri sürmüşlerdir. Domuzlarda ise bazal rasyona (6,7 mg B /kg içeren) 15 mg/kg sodyum borat formunda B ilavesi, plazma trigliserit ve total kolesterol düzeylerini etkilemezken, semipürifiye yemle beslenenlerde plazma trigliserit düzeyini artırdığı, ancak B ilavesiyle dolaşımda artan trigliserit konsantrasyonu arasındaki bu etkileşimin açıklanamadığı bildirilmiştir (56). Bununla beraber Mg yönünden yeterli düzeyde beslenen piliçlerde, B ilavesinin plazma kolesterol düzeyini artırdığı bildirilmiştir (12). Sunulan çalışmada bazı araştırmacıların (18-20, 22, 26) sonuçlarıyla uyumlu olarak kontrol grubu ile karşılaştırıldığında broylerlerde 100 mg/kg ve üzeri dozlarda B'un serum trigliserit düzeylerini, 250 ve üzeri dozlarda B'un da LDL-kolesterol düzeylerini önemli oranda düşürmüştür. Histopatolojik olarak da özellikle 500, 750 ve 1000 mg/kg B verilen hayvanların karaciğer hepatositlerinde yağlanmanın oluşması ve lipidlerin bu dokuda birikmesi serum trigliserit ve LDL-kolesterol düzeylerinin azalmasını desteklemektedir.

Bor'un protein metabolizmasında fonksiyonel bir rol oynayabileceği çeşitli çalışmalarla gösterilmiştir. Bor elementinin yüksek yapılı hayvanlarda ve insanlarda, nükleotidlerin ribozil kısımlarındaki veya serin proteazlarında yer alan cis-hidroksil gruplarıyla, histidinin imidazol grubundaki N ile veya serinin yapısındaki hidroksil gruplarıyla reaksiyona girerek enzimatik aktivitenin regülasyonunda rol oynayabildiği ileri sürülmektedir (38). Ratlarda (39) 0,001 ppm'e kadar B ilavesinin yanında borik asit formunda 20 µM B'un intra peritoneal olarak verilmesiyle hepatik RNA sentezinin stimüle edildiği bildirilmiştir. Ratlarda B plazma AST ve CK aktivitelerini düşürmüş, hücre membran bütünlüğünün bir indikatörü olan plazma AST aktivitesindeki bu düşüşün, karaciğer metabolizmasının normal olarak sürmesinde B'un etkileyici bir faktör olarak yer almasından kaynaklandığı ileri sürülmüştür (23). Eren ve Uyanık (22) da, yumurtacı tavuklarda 100, 200 ve 400 mg/kg B'un serum AST aktivitesini

düşürdüğünü saptamışlardır. Sunulan çalışmada serum AST enzim aktivitesinde kontrol grubuna göre 10 ve 50 mg/kg B verilen gruplarda değişme gözlenmezken, diğer deneme gruplarında önemli düzeyde düşüş saptanmıştır. En önemli düşme 1000 mg/kg B verilen grupta belirlenmiştir. Serum ALT enzim aktivitesi, tüm gruplar içerisinde sadece 1000 mg/kg B verilen grupta en düşük düzeyde saptanmış olup ($P<0,05$), 1000 mg/kg B verilen grup hariç diğer gruplar arasında genel olarak serum ALT enzim aktivitesi yönünden istatistiki olarak önemli bir fark gözlenmemiştir. Nitekim, histopatolojik olarak da 500, 750 ve 1000 mg/kg B verilen hayvanların karaciğerlerinde nekrotik alanların oluşmasıyla bu elementin yüksek dozlarının genel olarak karaciğer metabolizmasını etkileyerek bu enzimlerin aktivitelerinin düşük olmasında etkili olabileceği söylenebilir.

İskelet kaslarına spesifik bir enzim olan LDH aktivitesi kas dejenerasyonlarında artış gösterir. Histopatolojik olarak da, 500, 750 ve 1000 mg/kg B verilen hayvanların kas liflerinde nekrotik odakların gözlenmiştir. Serum LDH enzim aktivitesinde, kontrol grubuna göre 10 ve 50 mg/kg B verilen gruplar hariç diğer B gruplarında önemli düzeyde artış saptanması bu gruplardaki kas liflerinin nekroze olmasından kaynaklanabilir.

Hoffman ve ark. (18) da ördeklerde protein kısıtlaması yapılmayan (%22 HP) rasyona 1000 mg/kg B ilavesiyle plazma protein konsantrasyonlarının azaldığını saptamışlardır. Kurtoğlu ve ark. (17), 5 ve 25 mg/kg B verilen broylerlerde plazma total protein ve albumin konsantrasyonlarının etkilenmediğini ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada, kontrol grubuna göre serum total protein düzeyleri sadece 750 ve 1000 mg/kg B verilen gruplarda, globulin düzeyleri de 1000 mg/kg B verilen grupta istatistiki olarak önemli düzeyde düşük bulunmuştur. Histopatolojik olarak, yüksek düzeylerde B verilen hayvanların karaciğer hücrelerinde gözlenen nekroza bağlı olarak protein sentezinde aksaklık şekillenebileceğinden bu gruplarda serum proteinlerinin düşük olması kaçınılmazdır.

Bor yetersizliğinin kemik ve kıkırdak gelişimini, plazma ve organ Ca, Pi ve Mg düzeylerini etkilediği ileri sürülmüştür (13, 16, 33, 41, 45, 62, 65, 66). Diğer yandan, B'un mineral metabolizması üzerindeki etkileri ratlarda (16, 33, 45, 66, 67), domuzlarda (27, 56, 57, 68), koyunlarda (15), keçilerde (69) ve broylerlerde (37, 58, 62, 70) değişkenlik göstermektedir.

Domuzlarda (27, 56, 57, 68) yeme B ilavesiyle serum Ca, Pi ve Mg düzeylerinin etkilenmediği bildirilmiştir. Aynı olgu B'un hindi yumurtalarına in ovo olarak enjekte edilmesiyle de elde edilmiş ve bu elementlerin plazma düzeylerinin etkilenmediği saptanmıştır (71). Broylerlerde de yeme 5, 10, 20, 25, 40, 80 mg/kg düzeyinde B ilavesinin

plazma Ca, Pi ve Mg düzeyleri üzerinde herhangi bir etkiye sahip olmadığı (58, 62) bildirilmesine karşın, Kurtoğlu ve ark. (41) yeme 25 mg/kg B ilavesiyle serum Ca düzeylerinde düşüş, Pi düzeylerinde ise artış olduğunu saptamışlardır. Qin ve Klandorf da (70) yüksek düzeyde Ca (%3,5) içeren yemle beslenen 60 haftalık broylerlere ilk 2 hafta 100 mg/kg, sonraki 3 hafta 60 mg/kg B vermişler, yemdeki Ca ile B arasında total plazma Ca yönünden önemli bir etkileşim olduğunu ve B ilavesinin plazma Ca düzeyini bariz olarak düşürdüğünü belirlemişlerdir. Diğer yandan yumurtacı tavuklarda 250 mg/kg (62) ve 5, 10, 50, 100, 200 ve 400 mg/kg (13) B'un yeme ilavesinin serum Ca, Pi ve Mg düzeylerinde yükselmelere neden olduğu bildirilmiştir. Bunun yanı sıra Brown ve ark. (15) koyunlarda B ilavesine bağlı olarak Ca sindiriminin artışına bağlı olarak Ca retensiyonunun arttığını saptamışlardır. Ratlarda ise yeme ilave edilen B'un, serum Ca (11, 24, 33), Pi ve Mg (11) düzeyini düşürdüğünü bildiren çalışmaların aksine, yükselttiğini bildiren çalışmalar da (45, 66) mevcuttur. Sunulan çalışmada, serum P düzeylerinde kontrol grubuna göre 10, 50 ve 100 mg/kg B verilen gruplarda istatistiki olarak önemli düzeyde bir değişme gözlenmezken, 250, 500, 750 ve 1000 mg/kg B verilenlerde önemli bir düşüş saptanmıştır. Tüm gruplar karşılaştırıldığında sadece 1000 mg/kg B verilen grupta serum Mg düzeylerinde önemli düzeyde bir düşme belirlenmiştir, Ca düzeyleri ise B uygulamasından istatistiki önemde etkilenmemiş olmasına karşın, kontrol grubuna göre B verilen gruplarda sayısal bir azalma gözlenmiştir. Broylerlerle (41, 70) ve ratlarla (11, 24, 33) yapılan bazı çalışmaların bulgularıyla uyumlu olarak bu çalışmada, kontrol grubuna göre B ilave edilen gruplardaki hayvanların serum Ca (11, 24, 33, 41, 70), Pi ve Mg (11) düzeylerinde saptanan düşüşlerin, B ilavesine bağlı olarak Pi ve Mg'un gastrointestinal sistemde kullanımlarının azalması (11, 24), üriner atılımlarının (11, 24, 29) ve bu minerallerin kemiklere geçişlerinin artmasından (11, 24) kaynaklanabileceği düşünülmüştür.

Sonuç olarak; broyler yemlerine 250 mg/kg'ın üzerinde katılan B'un performansı olumsuz etkilediği, tüm bor düzeylerinin serum glikoz düzeylerini düşürdüğü, 100 mg/kg ve üzeri B düzeylerinin AST aktivitesini, trigliserit düzeyini düşürdüğü, LDH aktivitesini artırdığı, 250 ve üzeri B düzeylerinin Pi ve LDL-kolesterol düzeylerini düşürdüğü, 750 ve üzeri B düzeylerinin total protein düzeylerini artırdığı, 1000 mg/kg B düzeyinin ALT aktivitesini ve globulin, Mg düzeyini düşürdüğü, buna karşılık GGT, ALP ve CK aktiviteleri ile albumin, kreatinin, kalsiyum, total kolesterol ve HDL-kolesterol düzeylerinin bor uygulamasından etkilenmediği saptanmıştır.

7. KAYNAKLAR

1. Underwood EJ, Suttle NF. The Mineral Nutrition of Livestock. 3 rd ed. New York. CABI Publishing. 1999; 513-542
2. Butterwick L, De Oude N, Raymond K. Safety assessment of boron in aquatic and terrestrial environments. Ecotoxicol Environ Safety 1989; 17: 339-371
3. Mc Dowell LR. Minerals in Animal and Human Nutrition. Academic Press Inc. London. 1992; 367-370
4. Nielsen FH. Boron-an overlooked elements of potential nutritional importance. Nutr Today 1988; 4-7
5. Nielsen FH, Mullen LM, Gallagher SK. Effect of boron depletion and repletion on blood indicators of calcium status in humans fed a magnesium-low diet. J Trace Elem Exp Med 1990; 3: 45-54
6. Nielsen FH. Nutritional requirements for boron, silicon, vanadium, nickel, and arsenic: current knowledge and speculation. FASEB J 1991; 5: 2661-2667
7. WHO. Trace Elements in Human Nutrition and Health: Boron. Geneva. 1996; 175-182
8. Hall IH, Chen SY, Rajendran KG, Sood A, Spielvogel BF, et al. Hypolipidemic, anti-obesity, anti-inflammatory, anti-osteoporotic, and anti-neoplastic properties of amine carboxyboranes. Environ Health Perspect 1994; 102 (Suppl 7): 21-30
9. Newnham RE. Essentially of boron for healthy bones and joints. Environ Health Perspect 1994; 102(suppl 7):83-85
10. Beattie JH, Peace HS. The influence of a low-boron diet and boron supplementation on bone, major mineral and sex steroid metabolism in postmenopausal women. Br J Nutr 1993; 69: 871-884
11. Chapin RE, Ku WW, Kenney MA, McCoy H, Gladen B, et al. The effects of dietary boron on bone strength in rats. Fundam Applied Toxicol 1997; 35: 205-215
12. Hunt CD. Dietary boron modified the effects of magnesium and molybdenum on mineral metabolism in the cholecalciferol-deficient chick. Biol Trace Elem Res 1989; 22: 201-220

13. Eren M, Uyanık F, Küçükersan S. The influence of dietary boron supplementation on egg quality and serum calcium, inorganic phosphorus, magnesium levels and alkaline phosphatase activity in laying hens. Res Vet Sci 2004; 76, 203-210

14. Nielsen FH. Biochemical and physilogic consequences of boron deprivation in humans. Environ Health Perspect 1994; 102(suppl 7):59-63

15. Brown TF, McCormick ME, Morris DR, Zeringue LK. Effects of dietary boron on mineral balance in sheep. Nutr Res 1989; 9: 503-512

16. Nielsen FH. Dietary fat composition modifies the effect of boron on bone characteristics and plasma lipids in rats. Biofactors 2004 ; 20(3):161-171 (Abstr)

17. Kurtoğlu F, Kurtoğlu V, Çelik İ, Keçeci T, Nizamlıoğlu M. Effects of dietary boron supplementation on biochemical parameters, peripheral blood lymphocytes, splenic plasma cells and bone characteristics of broiler chicks given diets with adequate or inadequate cholecalciferol (vitamin D_3) content. Br Poult Sci 2005; 46(1):87-96

18. Hoffman DJ, Sanderson CJ, Le Captain LJ, Cromatie E, Pendleton GW. Interactive effects of boron, selenium, and dietary protein on survival, growth, and physiology in mallard ducklings. Arch Environ Contam Toxicol 1991; 20: 288-294

19. Başoğlu A, Sevinç M, Güzelbektaş H, Civelek T. Short communication: Effect of boraks on serum lipid profile in dogs. Online J Vet Res 2000; 4: 153-156

20. Hall IH, Wong OT, Sood A, Sood CK, Spielvogel BF, et al. Hypolipidaemic activity in rodents of boron analogs of phosphonoacetates and cyanoborane adducts of dialkyl aminomethylphosphonates. Pharmacol Res 1992; 25(3):259-270

21. Hall IH, Spielvogel BF, Griffin TS, Docks EL, Brotherton RJ. 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 1989; 65: 297-317

22. Eren, M. ve F. Uyanık, The influence of dietary boron supplementation on some serum metabolites and egg yolk cholesterol in laying hens," Acta Vet Hung 2007; 55: 29-39

23. Hunt CD, Herbel JL. Boron affects energy metabolism in the streptozotocin-injected, vitamin D_3-deprived rat. Magnes Trace Elem 1991-92; 10: 374-386

24. Hunt CD, Herbel JL. Effects of dietary boron on calcium and mineral metabolism in the streptozotocin-injected, vitamin D_3-deprived rat. Magnes Trace Elem 1991-92; 10: 387-408

25. Armstrong TA, Spears JW. Effect of boron supplementation of pig diets on the production of tumor necrosis factor-α and interferon-γ. J Anim Sci 2003; 81: 2552-2561

26. Naghii MR, Samman S. The effect of boron on plasma testosterone and plasma lipids in rats. Nutr Res 1997; 17: 523-531

27. Armstrong TA, Spears JW, Lloyd KE. Inflammatory response, growth, and thyroid hormone concentrations are affected by long-term boron supplementation in gilts. J Anim Sci. 2001; 79: 1549-1556

28. Wallace JM, Hannon-Fletcher MP, Robson PJ, Gilmore WS, Hubbard SA, et al. Boron supplementation and activated factor VII in healthy men. Eur J Clin Nutr 2002; 56(11):1102-1107 (Abstr)

29. Gallardo-Williams MT, Maronpot RR, Turner CH, Johnson CS, Haris MW, et al. Effects of boric acid supplementation on bone histomorphometry metabolism, and biomechanical properties in aged female F-344 rats. Biol Trace Elem Res 2003; 93(1-3):155-170

30. Naomi AB, Hunt CD. Dietary boron decreases peak pancreatic in situ insulin release in chicks and plasma insulin concentrations in rats regardless of vitamin D or magnesium status. J Nutr 2003; 133:3577-3583 Mineral Tolerance of Domestic Animals, National Academy of Science. 1980; 71-83

31. National Research Council. Nutrient Requirements of Poultry. 9th edition, National Academy of Sciences Press, Washington, D.C. 1994; p. 15

32. Naghii MR, Samman S. The effect of boron supplementation on its urinary excretion and selected cardiovascular risk factors in healthy male subjects. Biol Trace Elem 1997; 56: 273-286

33. Nielsen FH, Schuler TR, Zimmerman TJ, Uthus EO. Dietary magnesium, manganese and boron affect the response of rats to high dietary aluminium. Magnes 1988; 7: 133-147 (Abstr)

34. Hunt CD. The biochemicals effects of physiologic amounts of dietary boron in animal nutritions models. Environ Health Perspects 1994; 102(suppl 7):35-43

35. Nielsen FH. New essential trace elements for the life sciences. Biol Trace Elem Res. , 1990, 26-27, 599-611.

36. Beattie JH,. The metabolic fate of (^{3}H) Estradiol in relation to dietary intake of boron in ovariectomized rats. J Steroid Biochem Molec Biol, 1993, 45, 6, 549-554.

37. Hunt CD, Herbel JL, Idso JP. Dietary boron modifies the effects of vitamin D_3 nutrition on indices of energy substrate utilization and mineral metabolism in the chick. J Bone Miner Res 1994; 9: 171-182 (Abstr)

38. Hunt CD. Regulation of enzymatic activity: one possible role of dietary boron in higher animals and humans. Biol Trace Elem 1998; 66(1-3):205-225 (Abstr)

39. Mineral Tolerance of Domestic Animals, National Academy of Science, 1980; 71-83

40. Nielsen FH, Zimmermen TJ and Shuler TR, 1988. Dietary potassium affects the signs of boron and magnesium deficiency in the rat. Proceedings of thr North Dakota Academy of Sciences, 42, 61.

41. Kurtoğlu V, Kurtoğlu F, Coşkun B. Effects of boron supplementation of adequate and inadequate vitamin D_3-containing diet on performance and serum biochemical characters of broiler chickens. Res Vet Sci 2001; 71: 183-187

42. Qin X, Klandorf H. Effect of dietary boron supplementation on egg production, shell quality, and calcium metabolism in aged broiler breeder hens. Poultry Sci 1991; 70: 2131-2138

43. Sander JE, Dufour L, Wyatt RD, Bush PB, Page RK. Acute toxicity of boric acid and boron tissue residues after chronic exposure in broiler chickens. Avian Dis 1991; 35: 745-749

44. WHO. Boron. International Programme on Chemical Safety. Environmental Health Criteria 204. Ohio, USA.1998; 1-201

45. Hegsted M, Keenan MJ, Siver F, Wozniak P. Effect of boron on vitamin D deficient rats. Biol Trace Elem Res 1991; 28: 243-255

46. Penland JG, Eberhardt MJ. Effects of dietary boron and magnesium on brain function of mature male and female Long-Evans rats. J Trace Elem Exp Med 1993; 6: 53-64

47. Ku WW and Chapin RE, 1994. Mechanism of the testicular toxicity of boric acid in rats: invivo and invitro studies. Environ Health Perspect, 102, suppl 7, 99-105.
48. Naghii MR and Samman S, 1993. The role of boron in nutrition and metabolism. Progress in Food and Nutrition Science, 17, 331-349.
49. Treinen KA, Chapin RE. Development of testicular lesions in F-344 rats after treatment with boric acid. Toxicol Appl Pharm 1991; 107: 325-335
50. A.O.A.C. Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemistry 14th ed. Virginia. 1984
51. Carpenter KJ, Clegg KM. The metabolise energy of poultry feeding stuffs in relation to their chemical composition. J Sci Food Agric 1956; 7: 45-51
52. A.O.A.C. Official Method 968.08. In: Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemists. 16th ed., Arlington, Virginia 1995.
53. Luna LG. Manual of Histologic Staining Methods of the Armed Forces Institute of Pathology. 3rd Ed. The Blakistan Division. McGraw-Hill Book Company, New York, 1968
54. Penland JG. The importance of boron nutrition for brain and psychological function. Biol Tace Elem Res 1998; 66(1-3): 299-317 (Abstr)
55. Penland JG. Dietary boron, brain function, and cognitive performance. Environ Health Perspect 1994; 102(suppl):65-72
56. Armstrong TA, Spears JW, Crenshaw TD, Nielsen FH. Boron supplementation of a semipurified diet for weanling pigs improves feed efficiency and bone strength characteristics and alters plasma lipid metabolites. J Nutr 2000; 139: 2575-2581
57. Armstrong TA, Spears JW. Effects of dietary boron on growth performance, calcium and phosphorus metabolism, and bone mechanical proprties in gowing barrows. J Anim Sci 2001; 79:3120-3127
58. Elliot MA, Edwards HM. Studies to determine whether an interaction exist among boron, calcium, and cholecalciferol on the skeletal development of broiler chickens. Poultry Sci 1992; 71(4): 677-690 (Abstr)
59. Wilson JH, Ruszler PL. Effects of boron on growing pullets. Biol Trace Elem Res 1997; 56: 287-294

60. Rossi AF, Miles RD, Damron BL, Flunker LK. Effects of dietary boron supplementation on broilers. Poultry Sci 1993; 72: 2124-2130

61. Rossi AF, Bootwalla SM, Miles RD. Boron and riboflavin addition to broiler diets. Poultry Sci 1990; 69:186 (Abstr)

62. Kurtoğlu V, Kurtoğlu F, Coşkun B, Şeker E, Balevi T, et al. Effects of boron supplementation on performance and some serum biochemical parameters in laying hens. Revue Med Vet. 2002; 153, 12: 823-828

63. Wilson JH, Ruszler PL. Long term effects of boron on layer bone strength and production parameters. Br Poult Sci 1998; 39: 11-15

64. Elkin RG, Freed M, Watkins BA, Srebnik M, Kieft KA, et al. Evaluation of two novel biochemicals on plasma and egg yolk lipid composition and laying hen performance. Poultry Sci 1993; 72(3)513-520

65. Hunt CD, Herbel JL. Effects of dietary boron on calcium and mineral metabolism in the streptozotocin-injected, vitamin D_3-deprived rat. Magnes Trace Elem 1991-92; 10: 387-408

66. Dupre JN, Keenan MJ, Hegsted M, Brudevold AM. Effects of dietary boron in rats fed a vitamin D-deficient diet. Environ Health Perspect., 1994; 102: 55-58

67. Nielsen FH, Schuler TR. 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 1992; 35: 225-237 (Abstr).

68. Armstrong TA, Flowers WL, Spears, JW, Nielsen FH. Long-term effects of boron supplementation on reproductive characteristics and bone mechanical properties in gilts. J Anim Sci 2002; 80: 154-161

69. Sisk DB, Colvin BM, Merrill A,Bondari K, Bowen JM. Experimental acute inorganic boron toxicosis in the goat: Effects on serum chemistry and CSF biogenic amines. Vet Hum Toxicol 1990; 32(3):205-211

70. Qin X, Klandorf H. Effect of dietary boron supplementation on egg production, shell quality, and calcium metabolism in aged broiler breeder hens. Poultry Sci 1991; 70: 2131-2138

71. King N, Odom TW, Sampson HW, Pardeu S. In ovo administration of boron or sodium aluminosilicate alters mineralization in the turkey. Nutr Res 1993; 13: 77-85