

**T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
HAYVAN BESLEME VE BESLENME HASTALIKLARI
ANABİLİM DALI**



**BOR MİNERALİNİN SAFKAN ARAP
TAYLARINDA PERFORMANS, MİNERAL
METABOLİZMASI, ANTİOKSİDAN
AKTİVİTE VE BAZI KAN
PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

DOKTORA TEZİ

İsmail Çağrı YILMAZ

2024

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
HAYVAN BESLEME VE BESLENME
HASTALIKLARI ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

BOR MİNERALİNİN SAFKAN ARAP
TAYLARINDA PERFORMANS, MİNERAL
METABOLİZMASI, ANTİOKSİDAN AKTİVİTE
VE BAZI KAN PARAMETRELERİ ÜZERİNE
ETKİSİ

Tez Yazarı

İSMAİL ÇAĞRI YILMAZ

Danışman

PROF. DR. TALAT GÜLER

TEMMUZ, 2024

ELAZIĞ

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ONAY SAYFASI

**Bor Mineralinin Safkan Arap Taylarında Performans,
Mineral Metabolizması,
Antioksidan Aktivite ve Bazı Kan Parametreleri Üzerine Etkisi**

Tez Yazarı: İsmail Çağrı YILMAZ

Anabilim Dalı: Hayvan Besleme Ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Talat GÜLER

Tez İlk Teslim Tarihi: 26/06/2024...

Tez Savunma Tarihi: 29/07/2024...

Tez tarafımızdan okunmuş, kapsam ve kalite yönünden Yüksek Lisans/Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan	Unvan, Adı Soyadı	_____
Üye	Unvan, Adı Soyadı	_____
Üye	Unvan, Adı Soyadı	_____
Üye	Unvan, Adı Soyadı	_____
Üye	Unvan, Adı Soyadı	_____

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunun/...../20..... tarihli toplantısında tescillenmiştir.

Unvan, Adı Soyadı

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Kendime ait çalışmalar ile bu tez çalışmasını gerçekleştirdiğimi, çalışmaların planlanmasından, bulgularının elde edilmesine ve yazım aşamasına kadar tüm aşamalarında etiğe aykırı davranışım olmadığını, bu tezdeki tüm bilgileri ve verileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışması içinde yer alan ancak bu tez çalışmasının bulguları arasında yer almayan verilere, bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi beyan ederim.

İsmail Çağrı YILMAZ

24.06.2024

İMZA.....

6 ŞUBAT 2023...

04:17

13:24

KAHRAMANMARAŞ

MALATYA

HATAY

ADİYAMAN

ELAZIĞ

ŞANLIURFA

DİYARBAKIR

GAZİANTEP

OSMANİYE

ADANA

KİLİS

ARAMIZDAN AYRILANLARA İTHAFEN...

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde bilgisini, tecrübesini ve yardımlarını esirgemeyen değerli Danışman Hocam; Prof Dr. Talat GÜLER'e teşekkürü borç bilirim. Fırat Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Kazım ŞAHİN'e, Yine Fırat Üniversitesi Zootekni ve Hayvan Besleme Bölümü Başkanı Prof. Dr. Mehmet ÇİFTÇİ' ile Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları AD Başkanı Prof. Dr. Pınar TATLI SEVEN'e, Tarım ve Hayvancılık Müdürü Prof. Dr. Cemal G. ORHAN'a, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları AD Öğretim Üyeleri Prof. Dr. Nurhan ŞAHİN, Doç. Dr. Seda İFLAZOĞLU MUTLU'ya, Araştırma Görevlileri Bayram AKOĞLAN ve Ramazan ÖZMEN'e, Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü ve personeline tüm katkılarından dolayı teşekkür ederim. Ayrıca çalışmanın deneysel kısmının başından sonuna kadar her anlamda yardımcı olan ve olmak için çabalayan Sultansuyu Tarım İşletmesi Müdürlüğü At Islahı ve Yetiştiriciliği Şubesi personeline teşekkür ederim. Son olarak üzerimde doğduğum günden bu yana çok büyük emekleri olan annem Hatice YILMAZ ve babam Halil İbrahim YILMAZ'a, ayrıca doğduğu günden itibaren kardeşlik vazifesini yerine getirmeye çalışan, kardeşim Tuğrul YILMAZ ile özellikle bu süreçte beni sürekli motive edip, her pes ettiğimde yeniden ayağa kaldıran eşsiz eşim İclal Rüveyda YILMAZ ile evlatlarım Halil İbrahim'im ve Defne'me ayrıca teşekkür etmek isterim.

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI	iii
ETİK BEYAN	iv
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar LİSTESİ	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xii
1.ÖZET.....	xiii
2.ABSTRACT	xv
3.GİRİŞ	1
3.1. At'ın Genel Özellikleri	2
3.1.1 At'ın Tarihçesi.....	3
3.1.2. Türklerde At Yetiştiriciliğinin Tarihçesi ve Önemi	3
3.1.3. Atın Zoolojik Sınıflandırmadaki Yeri	5
3.1.4 At Beslenmesinde Genel Kurallar	6
3.2. Bor	9
3.2.1. Bor Mineralinin Biyolojik Etkileri	11
3.2.1.1. Borun Performans Üzerine Etkisi.....	11
3.2.1.2. Borun Enerji Metabolizması Üzerine Etkileri	13
3.2.1.3. Borun Kemik Dokusu ve Mineraller Üzerine Etkileri.....	14
3.2.1.4. Borun Vitaminler Üzerine Etkileri	16
3.2.1.5. Borun Hormonlar Üzerine Etkileri.....	17
3.2.1.6. Borun Enzimler Üzerine Etkileri.....	18
3.2.1.7. Borun İmmun Sistem Üzerine Etkileri	18
3.2.1.8. Borun Oksidatif Stres Üzerine Etkisi.....	19

3.2.1.9. Borun Lipid Metabolizması Üzerine Etkisi	21
3.2.1.10. Borun Embriyo Gelişimi Üzerine Etkisi	21
4. GEREÇ VE YÖNTEM.....	22
4.1. Gereç.....	22
4.1.1. Hayvan ve Yem Materyali	22
4.2. Yöntem.....	25
4.2.1. Deneme Düzeni	25
4.2.2 Ölçümler ve Analizler	27
4.2.2.1. Canlı Ağırlık (CA) ve Günlük Canlı Ağırlık Artışının (GCAA) Belirlenmesi	27
4.2.2.2 Günlük Yem Tüketiminin (GYT) Belirlenmesi	28
4.2.2.3 Yemden Yararlanma Oranının (YYO) Belirlenmesi	28
4.2.2.4 Kemik Gelişimi, Cidago Yüksekliği ve Göğüs Çevresi Ölçümlerinin Belirlenmesi	28
4.2.2.5. Denemede Kullanılan Kaba ve Konsantre Yemin Ham Besin Madde Bileşimlerinin Belirlenmesi	29
4.2.2.6. Kan Parametrelerinin Analizleri	29
4.2.2.7. Serumda Oksidatif Stres ve Antioksidan Parametrelerin Belirlenmesi.....	30
4.2.2.7.1 Serumda Lipit Peroksit (MDA) Düzeyinin Ölçümü	30
4.2.2.7.2 Serumda Glutatyon Peroksidaz (GSH-Px) Düzeyinin Ölçümü.....	30
4.2.2.7.3 Serumda Katalaz (CAT) Aktivitesinin Ölçümü ..	31
4.2.2.8 İstatistiksel Analizler.....	31
5. BULGULAR.....	33
5.1. Performans Parametreleri	33

5.2.Kan Parametreleri	36
5.2.Oksidatif Stres ve Antioksidan Parametreleri.....	43
6. TARTIŞMA VE SONUÇ	45
6.1.Performans Parametreleri	46
6.2.Kan Parametreleri	49
6.2.1. Serum Glikoz, Kolesterol ve Trigliserid Düzeyleri.....	49
6.2.2. Serum AST, ALT ve ALP Düzeyleri	50
6.2.3 Serum Ca, P, Mg ve B Düzeyleri	51
6.2.4 Serum Kortizol, Parathormon, Kalsitonin Ve Osteokalsin Düzeyleri	53
6.2.5. Serum Vitamin D3 Düzeyi	55
6.2.6 Serum MDA(Malondialdehit), Katalaz(CAT) Ve GSH-Px (Glutasyon) Düzeyleri	56
7.KAYNAKLAR	59
8. ÖZGEÇMİŞ	73

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Atların Sindirim Sistemi Özellikleri	6
Tablo 2. Atların Günlük Besin Madde İhtiyaçları.....	8
Tablo 3. Borun Atomik Yapısı (Boren).....	10
Tablo 4. Çalışmada Kullanılan Karma Yemin Bileşimi.....	24
Tablo 5. Hayvanlara Verilen Kaba ve Konsantre Yem Miktarları ve Oranları....	24
Tablo 6. Yemlerin ve Rasyonun Besin Madde Düzeyi.	24
Tablo 7. Farklı Dozlardaki Borun Canlı Ağırlık Üzerine Etkisi (n=8).	33
Tablo 8. Farklı Dozlardaki Borun Yem Tüketimi, Günlük Canlı Ağırlık Artışı (GCAA) ve Yemden Yararlanma Oranı (YYO) Üzerine Etkisi (n=8).	34
Tablo 9. Farklı Dozlardaki Borun Metakarpal Çap, Cidago Yüksekliği ve Göğüs Çevresi Üzerine Etkisi (n=8).....	35
Tablo 10. Farklı Dozlardaki Borun Serum Glikoz, Kolesterol ve Trigliserid Düzeyleri Üzerine Etkisi (n=8).	36
Tablo 11. Farklı Dozlardaki Borun Serum AST, ALT ve ALP Düzeyleri Üzerine Etkisi (n=8).	37
Tablo 12. Farklı Dozlardaki Borun Serum Ca, P, Mg ve B Düzeyleri Üzerine Etkisi (n=8).	38
Tablo 13. Farklı Dozlardaki Borun Serum Kortizol, Kalsitonin, Osteokalsin ve Parathormon Düzeyleri Üzerine Etkisi (n=8).	40
Tablo 14. Farklı Dozlardaki Borun Serum Vitamin D ₃ Düzeyi Üzerine Etkisi (n=8).....	42
Tablo 15. Farklı Dozlardaki Borun Serum MDA, CAT, GSHPx Düzeyleri Üzerine Etkisi (n=8).....	43

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Borun Periyodik Tabloda Yeri (Boren).....	10
Şekil 2. ETİ Maden’den Temin Edilen ve Çalışmada Kullanılan Borik Asit.....	23
Şekil 3. Taylara Oral Yoldan Bor Uygulanması.....	26
Şekil 4. Denemede Kullanılan Tayların Tartılması.	27



KISALTMALAR LİSTESİ

ALP	: Alkalen Fosfataz
ALT	: Alanin Amino Transferaz
AST	: Aspartat Amino Transferaz
B	: Bor
Ca	: Kalsiyum
CA	: Canlı Ağırlık
CAA	: Canlı Ağırlık Artışı
CAT	: Katalaz
GCAA	: Günlük Canlı Ağırlık Artışı
GSHPX	: Glutasyon
HDL	: Yüksek Dansiteli Lipoprotein
LDL	: Düşük Dansiteli Lipoprotein
MDA	: Malondialdehit
Mg	: Magnezyum
P	: Fosfor
PTH	: Parathormon
ROS	: Reaktif Oksijen Türleri
TG	: Trigliserid
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
YT	: Yem Tüketimi
YYO	: Yemden Yararlanma Oranı

1.ÖZET

BOR MİNERALİNİN SAFKAN ARAP TAYLARINDA PERFORMANS, MİNERAL METABOLİZMASI, ANTİOKSİDAN AKTİVİTE VE BAZI KAN PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Borun (B) mineral, lipit ve enerji metabolizmalarında, immun sistem, endokrin sistem ve beyinde önemli fonksiyonları olduğu, performansı olumlu yönde etkilediği; osteoporoz, osteoartrit ve artrit önlenmesinde etkili olabileceği bildirilmiştir. Bor mineralinin hayvanlardaki etkilerine yönelik farklı hayvan türleri ile (kanatlı, kemirgen, ruminant) yapılan çalışmalar olmasına rağmen tek tırnaklılar üzerinde her hangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmada, bor mineralinin farklı dozlarının (0, 5, 10, 15 mg/gün/hayvan) Safkan Arap taylarında performans (Canlı ağırlık artışı, yem tüketimi, yemden yararlanma oranı), mineral metabolizması, antioksidan aktivite ve bazı kan parametreleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Deneme, rastgele gruplandırma ile belirlenen ve başlangıç canlı ağırlıkları birbirine yakın ve her grupta 6 aylık yaşta, 8 tay bulunan (n=8), toplam 32 tay üzerinde yürütülmüştür. Deneme gruplarını hayvanlara farklı dozlarda verilen bor minerali oluşturmuştur. Buna göre, bor verilmeyen grup kontrol grubunu (K Grubu), 5 mg elementer bor verilen grup B5 grubunu, 10 mg elementer bor verilen grup B10 grubunu, 15 mg elementer bor verilen grup B15 grubunu oluşturmuştur. Bor minerali kaynağı olarak “Borik asit” kullanılmıştır. Çalışma 90 gün sürdürülmüştür.

Denemede, yem tüketimi tüm gruplarda benzer çıkmış ($p>0.05$), en iyi canlı ağırlık artışı ve yemden yararlanma oranı B15 grubunda tespit edilmiştir ($p<0.01$).

Çalışma süresince farklı ölçüm zamanlarında gruplar arasında serum glikoz, kolesterol trigliserit, AST, ALT, ALP, P ve Mg seviyeleri farklılık göstermemiştir ($p>0.05$). 90. günde yapılan ölçümlerde B15 grubunda serum Ca seviyesinin kontrol grubuna göre daha fazla olduğu belirlenmiştir ($p=0.03$). Serum B düzeyi doza bağlı olarak linear bir şekilde artmıştır ($p<0.001$). Serum PTH seviyesinde farklı ölçüm zamanlarında ve gruplar arasında bir farklılık gözlemlenmezken ($p>0.05$), serum kortizol seviyesi 90. günde B10 ve B15 gruplarında kontrol grubuna göre anlamlı bir artış göstermiştir ($p=0.004$). Serum kalsitonin düzeyi doza bağlı olarak tüm gruplarda artarken, en yüksek düzey B15 grubunda tespit edilmiştir. Benzer şekilde, serum osteokalsin düzeyi doza bağlı olarak linear artarken, sadece 90. gün ölçümlerinde istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve en yüksek artış B15 grubunda tespit edilmiştir ($p<0.01$). Vitamin D₃ seviyesinde doza bağlı olarak gruplar arasında bir farklılık meydana gelmemiştir ($p>0.05$). MDA seviyesi başlangıç ölçümü hariç diğer tüm ölçüm zamanlarında doza bağlı olarak azalırken ($p<0.001$), GSH-Px ve CAT seviyesi başlangıç ölçümü hariç diğer tüm ölçüm zamanlarında doza bağlı olarak artmıştır ($p<0.001$).

Sonuç olarak, bor mineralinin safkan arap taylarında performansı, mineral metabolizmasını ve antioksidan aktiviteyi olumlu yönde etkilediği ve kullanılan dozlar arasında en etkili dozun 15 mg/gün/hayvan dozunun olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bor, Tay, Performans, Mineral Metabolizması, Antioksidan.

2.ABSTRACT

THE EFFECT OF BORON ON PERFORMANCE, MINERAL METABOLISM, ANTIOXIDANT ACTIVITY AND SOME BLOOD PARAMETERS IN THOROUGHBRED ARABIAN FOALS

Boron has important functions in mineral, lipid and energy metabolism, immune system, endocrine system and brain, and positively affects performance; It has been reported that it may be effective in preventing osteoporosis, osteoarthritis and arthritis. Although there are studies on the effects of boron mineral on animals with different animal species (poultry, rodent, ruminant), no studies have been found on equids. In this study, the effects of different doses of boron mineral (0, 5, 10, 15 mg/day/animal) on performance (live weight gain, feed consumption, feed conversion ratio), mineral metabolism, antioxidant activity and some blood parameters in Thoroughbred Arabian Foals were investigated. The trial was conducted on a total of 32 foals, divided into groups by random allocation, with similar initial body weights and 8 foals per group, all of which were 6 months of age (n=8). The experimental groups consisted of boron mineral given to the animals in different doses. Accordingly, the group not given boron formed the control group (Group K), the group given 5 mg elemental boron formed the B5 group, the group given 10 mg elemental boron formed the B10 group, and the group given 15 mg elemental boron formed the B15 group. "Boric Acid" was used as the boron mineral source. The study lasted 90 days.

In the experiment, feed consumption was similar in all groups ($p>0.05$), daily live weight gains and the best feed conversion ratio were detected in the B15

group ($p < 0.01$). Serum Gl, cholesterol TG, AST, ALT, ALP, P, Mg levels did not differ between the groups at different measurement times during the study ($p > 0.05$).

In the measurements made on the 90th day, it was determined that the serum Ca level in the B15 group was higher than the control group ($p = 0.03$). Serum B level increased linearly depending on the dose ($p < 0.001$). While no difference was observed in serum PTH level at different measurement times and between groups ($p > 0.05$), serum cortisol level showed a significant increase in the B10 and B15 groups compared to the control group on the 90th day ($p = 0.004$). While serum calcitonin level increased in all groups depending on the dose, the highest level was detected in the B15 group. Similarly, while the serum osteocalcin level increased linearly depending on the dose, it was found to be statistically significant only in the 90th day measurements and the highest increase was detected in the B15 group ($p < 0.01$). There was no difference in vitamin D3 levels between groups depending on dose ($p > 0.05$). While MDA level decreased dose-dependently at all measurement times except the initial measurement ($p < 0.001$), GSH-Px and CAT levels increased dose-dependently at all measurement times except the initial measurement ($p < 0.001$). As a result, it has been determined that boron mineral positively affects performance, mineral metabolism and antioxidant activity in Thoroughbred Arabian Foals, and the most effective dose among the doses used is 15 mg/day/animal.

Key Words : Boron, Foal, Performance, Mineral Metabolism, Antioxidant.

3.GİRİŞ

Bor (B) elementinin 1923 yılında bitkiler için esansiyel olduğu kabul edilmiş (WHO, 1998), hayvanlar ve insanlar için de esansiyel olabileceğine ilişkin bulgular da yakın zamanda yapılan çalışmalar ile ortaya konulmuştur. Atom numarası 5 olan B, periyodik sistemde IIIA grubunda yer alan bir ametaldir (Eren, 2004). Borun oksijene ilgisinin fazla olması nedeniyle “Borat” olarak adlandırılan çok çeşitli bor-oksijen bileşikleri mevcuttur. Ayrıca B’un kalsiyum, magnezyum ve sodyum elementleri ile de bileşikleri mevcut olup önemli olanlarından bazıları ise; boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), kolemanit ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) ve üleksittir ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) (Yenmez, 2011).

Mikro-mineral olarak kabul edilen bor, günlük olarak tüketilen besinler ve içme suyu ile alınmaktadır. Alınan miktar ise tüketilen gıdaya göre değişmektedir. Bu element genellikle diğer elementlerle yaklaşık 230 bileşik oluşturan kimyasal olarak dinamik bir iz elementtir (Kılıç ve ark., 2009). Bor, Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nin batısı, Türkiye, Brezilya, Rusya ve Çin'in bazı bölgelerinde yüksek miktarda bulunmaktadır (Kabu ve Akosman, 2013). Türkiye'nin dünya bor rezervinin yaklaşık %73'üne sahip olması ve bor bileşiklerinin kullanım alanlarının geniş olması Türkiye'nin stratejik önemini arttırmaktadır.

Bor mineralinin önemi, son yıllarda birçok sektörde keşfedilmeye devam edilmektedir. Bor, insan ve hayvan biyolojisi için temel öneme sahip bir iz element olduğundan Borun önemi giderek artmaktadır. Bor genellikle deri, beyin, sindirim, iskelet, bağışıklık olmak üzere vücudun çeşitli organlarını ve sistemlerini etkilemektedir. Ayrıca kemik oluşumunda rol oynayan kalsiyum, D vitamini ve

magnezyum ile de önemli derecede etkileşim halinde olduğu belirtilmektedir (Devirian ve Volpe, 2003). Borun mineral metabolizmasında, bağışıklık ve endokrin sistemlerde de işlevlerinin olduğu kabul edilmektedir (Nielsen, 1997; Basoğlu ve ark. 2000; Kabu ve Civelek, 2012; Hunt, 2012). Son zamanda yapılan çalışmalar ile üreme ve embriyo sağlığı alanlarında Borun rol aldığı tespit edilmiştir (Yeşilbağ, 2008). Sağlık alanında öne çıkan bir diğer alan ise “Bor Nötron Yakalama Tedavisi” yöntemi ile Borun beyin tümörlerinin tedavisinde kullanıldığı belirtilmiştir (Demirtaş, 2006). Yine Borun enerji metabolizmasında, insülin salgılanmasında ve bağışıklık sisteminde görev alan enzimlerin aktivitesinde rol oynadığı belirlenmiştir (Hunt, 1998).

3.1. At'ın Genel Özellikleri

Atın kemik, kas ve işitme organları çok iyi gelişmiştir. Bunun yanında hissetme içgüdüleri harikulade seviyede iyidir. Yele ve kuyruk uzun kıllarla kaplıdır. Kulaklar kısa ve diktir. Atların ayakta uyumasını sağlayan kaslar, yatmadan dinlenmesine imkân sağlar. Bakım koşulları iyi olan atların yaklaşık 30 yıl kadar ömrü olabilmektedir. Vücut örtüsünün rengine “Don”, don üstünde bulunan açık renkli kısımlara “Nişane” denir. Kılların ters yönlü çıkan kısımlarına “Servi” ismi verilmektedir. Aygırlarda 40, kısraklarda ise 36 diş bulunmaktadır. Nabız sayısı 30-45 adet/dk olup solunum sayısı ise 8-16 adet/dk normal değerlerdir. Vücut sıcaklıkları 37.5°C civarları normal aralıktır. Gebelik süresi 11 ay olup, yavrularını yaklaşık 6 ay kadar emzirirler. Bu süreçte yaklaşık 15-20 günlükten sonra taylara kesif yem takviyesi başlayabilmektedir. İkizlik oldukça nadir olan bir durumdur (Özbeyaz, 2019).

3.1.1 At'ın Tarihçesi

At'ın evcilleştirilmesi, insanlık tarihinde ateş ve tekerleğin bulunması kadar önemli kabul edilmektedir. Birçok batılı araştırmacıya göre at milattan önce 4000 yıl civarlarında İskitler (Sakalar) tarafından evcilleştirilmiştir. Atın evcilleştirilmesi, insanoğluna hızlı hareket kabiliyeti ve üstün savaşma yetenekleri kazandırmıştır (Sinmez, 2019).

Bugün dünyanın hemen hemen her yerinde yetiştirilen at ırkları temel olarak iki yabancı at ırkından köken almaktadır. Bunlar “Prezewalski (Moğol Atı)” ve “Tarpan” yabancı atlarıdır. Orta Asya’da bulunan bu iki at ırkından birçok alt ırkın evcilleştirildiği düşünülmektedir. Asya kıtasında, sonrasında ise Avrupa’da atın kullanımı başlamıştır. İnsanlar önceleri av ve beslenme amaçlı kullanmışlardır. Zamanla savaşlarda ve göçlerde kullanılmışlardır (Sinmez, 2019).

Atlar tarih süreci içerisinde birçok amaçla kullanılmış olsa da günümüzde başta atlı spor alanları ve at yarışları, geleneksel atlı sporlar ve hippoterapi (atlı terapi) gibi sağlık alanında olmak üzere tercih edilmektedir. Ayrıca bazı yerlerde bir varlık göstergesi olarak kullanılmaktadır (Garip, 2011).

3.1.2. Türklerde At Yetiştiriciliğinin Tarihçesi ve Önemi

Türk milletinin geleneğinde at yetiştiriciliği ve kullanımının önemli bir yeri vardır. Eski Türk kavimlerinin Orta Asya’dan yaptığı göçlerde, girilen savaşlarda büyük alanlarda hüküm sürebilmelerinde, hatta Selçuklu ve Osmanlı dönemlerinde düzenli orduların başarısında insanımızın meziyetinin yanı sıra, at kullanmadaki maharetinin de çok büyük rolü olmuştur. Atın Türklerin; kültüründe, yaşamında,

folklorunda, edebiyatında, şiirlerinde, spor ve oyunlarında hatta eski dönemlerde dini ayinlerde tanrılara kurban olarak sunulması önemli bir yerinin olduğunu göstermektedir. Bu kaynaklarda Türk çocuklarının üç yaşında ata binmeye başladıkları ve on yaşlarına tam bir süvari olabilecek kapasiteye eriştiği belirtilmiştir. Ünlü kişilerin üstünlükleri sahip oldukları ve yetiştirdikleri üstün özelliklere sahip atlara atfedilmiştir (Garip, 2011).

Hun Türkleri binicilik ve savaş eğitimlerine daha çocukken başlar önce koyunda sonra tayda ve en son at üzerinde eğitim alırlardı. 4-6. yüzyıl Roma ve batı kaynaklarına göre daha yeni yürümeye başlayan Hun çocuğunun yanında eyerlenmiş bir at bulunurdu. Yine aynı kaynaklara göre Hunlar at üstünde yerler içerler alışverişini yaparlar ve uyurlardı. 10. yüzyıl Bizans kaynaklarında ise Türkler için “Sanki at üstünde doğmuşlardır yerde yürümesini bilmezler” diye belirtilmiştir. Orta Asya’da aynı anavatanı paylaşan Türk milleti ile atın birlikteliği tarihin her döneminde güç birliği ve medeniyetinin yayılmasına bir simge oluşturmuştur. Bu birliktelik Türklerin göç edip yeni yurtlar edinmesinde, Anadolu kapılarının açılmasında ve hatta Viyana önlerine kadar dayanılmasında en önemli etken olmuştur (Garip, 2011).

Türklerde günümüz anlamıyla modern yetiştiricilik Osmanlı zamanında 14. yüzyıl civarında başlamıştır. Aynı zamanda dünyada ilk olması yönüyle de önem taşımaktadır. Bu dönemde “Hayvanat ocakları” kurulmuştur. Burada yetiştirilen atlar devletin imparatorluk sürecinde büyük pay sahibi olmuşlardır. 16. yüzyıl sonlarına doğru Osmanlı bünyesinde 200.000’e yakın süvari olduğu belirtilmektedir.

Birinci Dünya Savaşı’nda atların ve süvari birliklerinin çoğunun kaybı ile

yetiştiricilik alanında faaliyetler neredeyse durma noktasına gelmiş olsa da cumhuriyetin kurulması ile birlikte at yetiştiriciliği ve ıslah konusunda atılımlar yapılmıştır. Bu yönde 1926 senesinde hayvan ıslahı kanunu çıkartılmıştır. Bu kanunla birlikte ihtiyaç duyulan ve uygun görölen yerlere atılık konusunda ilgili her şey yapılmaya çalışılmıştır. Son yıllarda ise yeniden popüler olmaya başlayan at yetiştiriciliği alanında Osmanlı’dan miras olarak kabul edilen Türk Tipi Safkan Arap Atı Yetiştiriciliği daha ziyade devletimiz eliyle Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü’ne bağlı “Anadolu Tarım İşletmesi-Eskişehir, Karacabey Tarım İşletmesi-Bursa ve Sultansuyu Tarım İşletmesi-Malatya” olmak üzere 3 işletme ile yapılmaktadır (Garip, 2011).

3.1.3. Atın Zoolojik Sınıflandırmadaki Yeri (Özbeyaz, 2019)

Atların zoolojik sınıflandırmadaki yeri aşağıdaki gibidir.

Alem: Animale (Hayvanlar)

Bölüm: Chordate (Kordataalar)

Alt Bölüm: Vertebrata (Omurgalıları)

Sınıf: Mammalia (Memeliler)

Alt Sınıf: Eutheria (Plasentalılar)

Takım: Ungulata (Tırnaklıları)

Alt Takım: Perissodactyla (Tek tırnaklıları)

Familya: Equidae (Atgiller)

Cins: Equus (At)

Tür: Evcil At (Equus caballus)

3.1.4 At Beslenmesinde Genel Kurallar

Atlar tek mideli herbivor canlılardır. Sindirim ağızda başlamaktadır. Tükürük üretimi oldukça fazladır. Yemin çeşidine göre değişmekle beraber günde ortalama 40 litre kadar tükürük salgılayabilmektedirler. Sağlıklı bir ağız yapısına sahip atlarda, yemler mekanik sindirime uğrar ardından tükürük salgısı ile iyice yumuşatılarak mideye geçişte herhangi bir sorun yaşanmasının önüne geçilir. Ancak diş yapısında kusurlar olan veya tükürük salgılamakta sorun yaşayan atlarda sindirim sistemi problemleri görülebilmektedir (Şehu, 2019).

Atların mide hacmi oldukça küçüktür. (Yetişkin atta 10-15 L hacim). İnce bağırsaklar ise tüm sindirim sisteminin yaklaşık % 80'lik oranını kapsamaktadır. İnce bağırsakların uzunluğu yetişkin atlarda yaklaşık olarak 20 metre kadardır. Kalın bağırsaklar ise 30-40 litrelik hacim kaplamaktadır. Tek mideli herbivorlarda kalın bağırsak sindirimi önem arz etmektedir. Selüloz içeren yem kısımlarının sindirimi kalın bağırsağın sekum ve kolon bölümünde gerçekleşmektedir. Taylar yaklaşık 25 aylık yaşa geldiklerinde sekum gelişimleri tamamlanmış ve tam kapasite çalışmaya başlamış olmaktadır (Şehu, 2019).

Tablo 1. Atların Sindirim Sistemi Özellikleri (Şehu, 2019).

	UZUNLUK (M)	HACİM (Lt)	Yemlerin Geçiş Süresi
Özefagus	1.5	-	10-20 sn
Mide	-	15-18	3-9 saat
İnce bağırsak	16-24	64	5-6 saat
Sekum	1	30-35	15-20 saat
Kolon	3-8	80-90	18-24 saat
Kolon sonu	3	15	1-2 saat
Toplam	25-35	180-220	42-64 saat

Yeni doğan bir tay, yetişkinlik döneminde sahip olacağı cıdago yüksekliğinin yaklaşık % 60'ına sahip, ergin ağırlığının ise %10-12 seviyelerinde bir canlı ağırlık ile dünyaya gelir. Yeni doğan taylar, en az 6 ay annelerinin yanında kalarak, süt ile beslenmeleri halinde ihtiyaç duyabilecekleri besin maddelerini anne sütünden sağlayabilmektedir. Yeni doğan taylar 60-70 defa olmak üzere, her emişte 2-3 dk kadar anneyi emmektedir. Her emişte 160-220 ml süt alımı sağlanır. Sağlıklı bir büyüme tablosu çizen tayların 1.ayda ortalama 1500 gr/ gün canlı ağırlık artışı, 2.ay 1200 gr/gün canlı ağırlık artışı ve 6.ayda ise 600 gr/gün canlı ağırlık artışı oranını yakalaması beklenmektedir. Taylarda ilk bir yıl içerisinde iskelet sistemi öncelikli olarak gelişir, 18.aydan sonra kemik yapısının kalınlaşması ve sağlamlığının artması beklenir. Bu dönemde kemik uzaması minimum seviyelere iner ve daha sonra durur. 3.5-4 yaşlarında vücut hatları tam anlamıyla oturmaya başlar (Şehu, 2019).

Altı aylık yaştan bir yaşına kadar olan süreçte ise tay beslenmesinde dikkat edilecek bazı hususlar vardır. Canlı ağırlığın % 1 seviyesinde kaliteli konsantre yem tüketimi sağlanmak zorundadır. Konsantre yemin ham protein oranı ise % 15-16 oranlarından aşağıda olmamalıdır. Kaba yem tüketimi ise 100 kg canlı ağırlık için 0.5-1 kg arasında olmalıdır (Şehu, 2019).

Bir yaşından on sekiz aylık yaş dönemi arasında ise; en az %12 sindirilebilir ham protein içeren konsantre yemler tercih edilmelidir. Canlı ağırlığın % 1 oranı yine takip edilmelidir.

Aygırların ve kısrakların beslenmesinde ise genel anlamda dikkat edilecek hususlar vardır.

- Kuru madde alımı canlı ağırlığın %1-4 oranında olması tavsiye edilmektedir. Ortalama olarak ise % 2.5 idealdir.
- Kaba yem/kesif yem oranı 4:1 ve 3:1 oranları ideal kabul edilmektedir. Bu oran atın performans ve kullanım durumuna göre değişmektedir.
- Kaba yem oranı canlı ağırlığın % 2 si oranında olması birçok otorite tarafından tavsiye edilmektedir.
- Kaba yemin kaliteli olmasına özen gösterilmelidir. Sindirim sistemi hassas olan atlar, minimum seviyede dahi olsa toksin içeren kaba yem almaları durumunda Kolik durumları ile sıklıkla karşı karşıya kalmaktadırlar.
- Ani yem değişikliklerinden kaçınılmalıdır.
- Su erişimi kontrollü olmalıdır. Yoğun egzersiz durumu ve kesif yem tüketimi sonrası hemen su verilmemelidir.
- Atların diş uzamaları sürekli olmaktadır. Bu sebeple rutin olarak diş kontrolüne ve törpülenmesine ihtiyaçları vardır. Bu kontroller ihmal edilmemelidir.

Tablo 2. NRC(2007)'e Göre Atların Günlük Besin Madde İhtiyaçları

At Sınıfı	Canlı	SE	H.Protein(gr)	Ca(gr)	P(gr)	Mg(gr)
	A.	(mka)				
Ergin atlar	500 kg	20.5	820	25	18	9.4
Emziren						
	500kg	28.3	1427	56	36	11
Kısırak						
1 Yaşlı Tay	325	21.3	956	34	19	5.7
2 Yaşlı Tay	450 kg	26.3	1115	34	19	9.8

3.2. Bor

Borun tarihte ilk olarak 4 bin yıl kadar önce Tibet dolaylarında, Babiller tarafından değerli eşyaların saklanması, Mısırlılar tarafından ise mumya uygulamalarında kullanıldığı saptanmıştır. 875 yılında ise Araplar tarafından bor tuzlarından elde edilen ilaçlar kayıtlara geçmiştir. Modern anlamda ise 18.yüzyıl dönemlerinde İtalya’da borik asit üretimi başlamıştır. Türkiye’de ise ilk işletmenin 1861 yılında çıkartılan Maadin Nizannamesi uyarınca 1865 yılında bir Fransız şirketine 20 senelik işletme imtiyazı verilmesiyle başladığı bilinmektedir.1944 yılında ise özel şirketlerin imtiyazları kısıtlanarak büyük kısmı millileştirilmiştir. Başlangıçta yabancı şirketler tarafından işletilen bor madenlerimiz, 1968 yılında yabancı şirketlerin imtiyazlarının devlete devredilmesi ile Etibank ve bir kısım küçük ölçekli yerli şirket tarafından işletilmeye başlanmıştır. 1978 yılında bor madenlerinin devletçe işletilmesi kararından itibaren de madencilik, yatırım, üretim ve pazarlama konusundaki tüm aktiviteler Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü tarafından yerine getirilmektedir (Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü 2024).

Bor, periyodik tabloda “B” simgesi ile gösterilir. Atom numarası 5 ve atom ağırlığı 10.81, yoğunluğu ise 2.84 gr/cm^3 ’tür. Metalle ametal arası yarı iletken özelliğe sahip bir elementtir. Periyodik cetvelde 3A grubunda ilk ve en hafif üyesidir. Türkiye’de 10 B izotop oranı yüksek bor cevher yatakları bulunmaktadır. Endüstriyel anlamda önemli bir bileşenleri arasında “boraks, kolemanit, üleksit, boraks dekahidrat, boraks pentahidrat, susuz boraks, borik asit, sodyum per borat, susuz borik asit, hidroborasit” sayılabilir (Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü 2024).

The image shows a standard periodic table of elements. The element Boron (B) is highlighted with a red circle. It is located in the 2nd period, 13th group. The table includes element symbols, atomic numbers, and names. The Lanthanide and Actinide series are shown at the bottom.

Şekil 1: Borun Periyodik Tabloda Yeri (Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü 2024).

Tablo 3. Borun Atomik Yapısı (Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü 2024).

Atomik Çapı	1.17 Å
Atomik Hacmi	4.6 cm ³ /mol
Kristal Yapısı	Rhombohedral
Elektron Konfigürasyonu	1s ² 2s ² 2p ¹
İyonik Çapı	0.23 Å
Elektron Sayısı (yüksüz)	5
Nötron Sayısı	6
Proton sayısı	5

Bor birçok farklı sektörde kullanılmaktadır. Cam ve seramik sanayi, temizletme sanayi, tarım ve hayvancılık alanı, metalürji, enerji ve nükleer sanayi gibi alanlara ek olarak özellikle son yıllarda sağlık alanında da kullanım alanı bulmaktadır. 1981 yılına kadar insanlar ve hayvanlar açısından önemli bir element olarak kabul edilmiyor olsa da, Borun bu yıllardan sonra öneminin daha iyi anlaşılması adına birçok çalışma yürütülmüştür. Özellikle metabolizmadaki Borun; kalsiyum, magnezyum ve fosfor dengesini ayarlamakta önemli bir görevi olduğu yapılan çalışmalar ile ortaya koyulmuştur. Kemik ve kasların gelişiminde, beyin fonksiyonların sağlıklı şekilde çalışmasında rolü olduğu yapılan çalışmalar neticesinde görülmektedir. Osteoporoz tedavileri, alerjik hastalıklar, psikiyatri, artrit ve menapoz tedavilerinde bor etkili bir şekilde kullanılmaktadır (Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü 2024).

3.2.1. Bor Mineralinin Biyolojik Etkileri

Bor özellikle kalsiyum ve magnezyum metabolizması üzerine etkili olmaktadır. Buna bağlı olarak kemikler ve immun sistemle birlikte beyin gelişimi üzerine doza bağlı etkileri mevcuttur. Hormonal sistem ve enzimler de yine aynı şekilde doza bağlı olarak etkilenebilmektedir. Yetersiz bor alımı veya bor fazlalığı çeşitli çalışmalar ile ortaya çıkartmıştır ki, Borun etkisi göz ardı edilemeyecek derecede önemlidir.

3.2.1.1. Borun Performans Üzerine Etkisi

Canlı ağırlık artışı (CAA), yem tüketimi (YT) ve yemden yararlanma oranı (YYO) gibi parametreler yapılan çalışmalarda en önemli performans göstergeleri

olarak kabul edilmektedir. Bor mineralinin hayvanlardaki performans parametreleri üzerine olan etkilerini belirlemeye yönelik farklı hayvan türleri üzerinde yapılan çalışmalarda, bor mineralinin performans parametreleri üzerine genellikle olumlu etkisinin olduğu rapor edilmiştir. Nitekim, Hunt ve ark.(1983) tavuklar üzerinde yaptıkları bir çalışmada bor-kalsiyum ve bor-magnezyum takviyelerinin büyüme parametrelerinde olumlu etkilerinin olduğu belirtmişlerdir. Diğer bir çalışmada, 30, 60, 90 ve 120 ppm bor katkısının etlik piliçlerde canlı ağırlık artış tablosunu (CAA) linear olarak artırdığını ve en iyi yemden yararlanma oranının (YYO) 30 ppm bor alan grupta olduğunu rapor edilmiştir (Fassani ve ark., 2004).

Konuyla ilgili olarak etlik piliçlerde yürütülen başka bir çalışmada rasyona farklı (0, 20,80,160 ve 320 mg/kg) düzeylerde ilave edilen Borun, 21 günlük sürenin sonunda rasyona 320 mg/kg bor katkısı ile yemden yararlanma oranının arttığını buna bağlı olarak canlı ağırlık kazanımında artış olduğu ayrıca, ölüm oranında azalma olduğu rapor edilmiştir (Rossi ve ark., 1990). Bir başka çalışmada ise rasyona 0, 5, 10 ve 20 mg/kg düzeylerinde bor ilavesinin canlı ağırlık artışı ve yemden yararlanma üzerine etkili olmadığı saptanmıştır (Eliot ve Edwards, 1992). Rossi ve ark. (1993)'nın yaptıkları bir çalışmada ise, etlik piliç rasyonlarında 0, 5, 40, 80, 120 mg/kg bor ilavesi ile 21 gün sonunda canlı ağırlık ve yemden yararlanmanın değişmediğini belirtmişlerdir. Bir başka çalışmada ise (Eren ve Uyanık, 2007) yumurta tavuğu rasyonlarına 0, 5, 10, 50, 100, 200 ve 400 ppm borik asit ilavesinde 400 ppm bor ilavesinin canlı ağırlık, yem tüketimi ve yumurta verimi üzerine olumsuz etki yaptığı saptanmıştır.

Benzer şekilde, domuzlar üzerinde yapılan bir çalışmada, rasyona ilave edilen Borun (5-10 ppm) CAA ve YYO'nı iyileştirdiği bildirilmiştir (Goihl, 2002).

Devekuşu üzerinde yapılan bir çalışmada, bor ilavesinin kemik gelişimini artırdığı ve büyümeyi olumlu yönde etkilediği gözlemlenmiştir (Elhashmi ve ark., 2011).

3.2.1.2. Borun Enerji Metabolizması Üzerine Etkileri

Borun trigliserit ve glikoz gibi enerji parametreleri üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir (Abdelnour ve ark., 2018). Yapılan in-vitro çalışmalar, Borun enerji metabolizmasında bazı enzimleri inhibe ettiğini veya düzenlendiğini ortaya konulmuştur (Kabu ve ark., 2015; Yeşilbağ, 2008). Yapılan bir diğer çalışmada, Borun civcivlerde plazma glikozunu korumak için pankreastaki in situ insülin salınımını azaltmaya yardımcı olabileceği bildirilmiştir (Bakken ve Hunt, 2003).

Bor mineralinin metabolizmada plazma lipit düzeyini düşürücü bir etkisinin olduğu ortaya konulmuştur (Devirian ve Volpe, 2003). Ratlarda düşük dansiteli lipoprotein (LDL), yüksek dansiteli lipoprotein (HDL) ve trigliserit (TG) düzeylerinin rasyona bor eklenmesinden 14 gün sonra azaldığı bildirilmiştir. Bu gelişmeler sonucunda, Borun kolesterolün dokulardan atılmasına ve lipit birikiminin azalmasına neden olabileceğinden ateroskleroz hastaları için yararlı olabileceği öne sürülmüştür (Devirian ve Volpe, 2003).

Süt ineği rasyonuna bor ilavesinin, postpartum dönemde lipotrofik etkiyi ve enerji durumunu iyileştirdiği belirtilmiştir (Basoğlu ve ark., 2017). Bazı araştırmacılar, sodyum boratın yağlı karaciğer hastalığına karşı koruyucu bir rol oynadığını ifade etmişlerdir (Başoğlu ve ark., 2002; Kabu ve Civelek, 2012). Kabu ve Uyarlar (2015), Avusturya Simmental ineklerinde oral yolla verilen boraksın serum yüksek dansiteli lipoprotein (HDL) konsantrasyonunu azalttığını tespit etmişlerdir.

3.2.1.3. Borun Kemik Dokusu ve Mineraller Üzerine Etkileri

Kemiğin mineral yapısının ana bileşenleri kalsiyum ve fosfattır. Bor; vücuttaki kalsiyum, fosfor, magnezyum ve D vitamini Emilimini dengeler. Eksikliğinde, bu minerallerin dengesinde ve Emiliminde azalma ve plazmadaki konsantrasyonlarında değişiklik olur (Söğüt ve Acar, 2020). Borun, kemik ve kırıkta metabolizması ile yakından ilişkili olduğu, bor ve analoglarının kemik oluşum hızını artırarak kemik direncini ve dayanıklılığını artırdığı ayrıca bor eksikliğinin, kemik oluşumu ve kemik kütlesi korunumu için olumsuz bir faktör olarak kabul edileceği belirtilmiştir (McCarthy ve ark., 1994).

Hayvanlarda fazla görülen bor yetersizliğinde başta kalsiyum, demir mineralleri ve bununla birlikte vitamin D düzeylerinde anormallikler görüldüğüne dair çalışmalar bildirilmiştir (Hawes ve ark. 2015). Kalsiyum ve magnezyum seviyelerinin bozulduğunda gelişim gerilikleri gözlenen çalışmalar da mevcuttur (Baysal A. 2013).

Yapılan çalışmalarda Borun, kemik yapısındaki mineral bileşimini değiştirerek, kemik gücünü artırdığı (Pizzorno, 2015; Gaffney-Stomberg, 2019), yüksek miktarlarda bor ile beslenen farelerde, femoral kırılma gücünün ve kaval kemiğinin sıkıştırma gücünün arttığı bildirilmiştir (Hakki ve ark., 2010). Ayrıca Borun, osteoartrit ve osteoporoz tedavilerinde kullanılabileceği ve menopoz sonrası kadınların günlük 3 mg bor almasının, östrojen etkisini artırarak, osteoporoz tedavisinde olumlu etki yaptığı rapor edilmiştir (Nielsen ve ark., 1987; Kuru ve Yarat, 2017) .

Bor alımının, kanda iyonize kalsiyum miktarını artırdığı belirtilmiştir (Nielsen, 1990). Yine magnezyum eksikliği olan civcivlerde uygulanan Borun, yetersiz magnezyum alımından kaynaklanan anormallikleri azalttığı, ardışık bor takviyesinin büyümeyi, plazma kalsiyum ve magnezyum yoğunluğunu artırdığı ve kıkırdak kalsifikasyonunu inhibe ettiği bildirilmiştir (Hunt, 1989).

Borun meyvelerde bulunan bir bileşeni olan kalsiyum fruktoboratin 6 ay boyunca 5.65 mg bor/gün şeklinde uygulandığı çalışmada ise osteoporozlu 100 hastadan 66'sında kemik mineral yoğunluğunu arttığı rapor edilmiştir (Scorei ve Rotaru, 2011). Fruktoboratlar; Ca, Mg, Zn, Fe ve Cu iyonları ile pozitif sinerjik etkileşimlere sahiptir. Ayrıca fruktoboratların glukoproteinlerle etkileşim kapasitesinin oldukça iyi olduğu belirtilmiştir (Mogoşanu ve ark., 2016).

Bor takviyesi yapılan farelerde, kemik dayanıklılığının arttığı ve maruz kaldıkları basınca daha fazla dayanma gücü sağladıkları tespit edilmiştir (DaSilvia ve ark., 2012). Yine bir diğer çalışmada, Borun insan kemik iliği stromal hücrelerinde kalsiyum birikimini, alkalen fosfataz, osteokalsin, tip I kollajen ve kemik morfogenetik protein-7'nin mRNA ekspresyonunun da artırdığı bildirilmiştir. (Ying ve ark. 2011).

MC3T3-E1 hücre kültürü ile yapılan bir diğer çalışmada, 10 ng/mL boron takviyesinin, mineralize nodül oluşumunu ve kültürlü osteoblastların tip 1 kollajen, osteopontin, kemik sialoprotein, osteokalsin ve RunX ile ilişkili mRNA ekspresyonları ile “kemik morfojenetik protein 4-6-7” seviyelerini artırdığı tespit edilmiştir (Hakki ve ark., 2010).

Cheng ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada, deve kuşu yavrularının içme suyuna 0, 100, 200 ve 400 mg/L bor ilave etmişler ve tibia kemik mineral yoğunluğu, tibial uzunluk, kül içeriği, ağırlık ve kortikal kemik kalınlığı gibi çeşitli parametrelerde önemli artışlar kaydetmişlerdir. 200 mg/L'nin kemik gücünü arttırmak için en etkili bir doz olduğunu rapor etmişlerdir.

Tavşanlar üzerinde yapılan bir çalışmada ise boraks anhidroz ve borik asitin femur ve tibiada mineral yoğunluk üzerine olumlu etki sağladığı, aynı olumlu etkiyi kesici dişlerde de gösterdiği ortaya konmuştur (Hakki ve ark., 2021).

Ayrıca, rasyonlarına 200 ve 400 ppm bor ilave edilen bufalolarda Ca ve Mg konsantrasyonlarının arttığı, plazma paratiroid hormonu seviyesinin bor almayan gruba göre daha düşük olduğu gözlemlenmiştir (Sharma ve ark., 2020).

Borun artirik koşullar üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, meyve ve sebzelerden doğal olarak oluşan bir bor kompleksi olan “kalsiyum fruktoborat” formunun günlük 6 mg şeklinde ilave edilmesinden sonra osteoartrit şikâyeti olan hastalarda, iyileştiklerine dair beyanlar olduğu gözlenmiştir. 8 haftalık tedaviden sonra hafif ve orta şiddetli osteoartrit hastası olan nitelendirilen grupta % 80 oranında ağrı kesici ilaçların bırakıldığı bildirilmiştir. Buna ek olarak eklem sertliğininde önemli oranda azaltığı tespit edilmiştir (Miljkovic D., 2009).

3.2.1.4. Borun Vitaminler Üzerine Etkileri

Çalışmalar, vitamin D₂ ve D₃'e karşılık gelen 1,25 dihidroksil türevlerine ve kolesterolü östrojene dönüştürmek için gerekli olan hidroksilazın sıkı bir şekilde bor iyonlarına bağımlı olduğu, bu nedenle Borun, menopoz sonrası osteoporoz için potansiyel bir koruyucu faktör olabileceği ifade edilmiştir (Hunt ve ark., 1994).

Borun D vitamini ile ilişkisinin değerlendirilmesinde, D vitaminince eksik bir diyetle sahip ancak bor ile takviye edilen tavuklarda, 25-hidroksikolekalsiferol ve 1,25-dihidroksikolekalsiferol konsantrasyonlarının arttığı tespit edilmiştir. D vitamini içeren uygun bir diyet ve düşük bor seviyeleri durumunda, sadece 1,25-dihidroksikolekalsiferolün plazma konsantrasyonunda artış gözlenmiş, bunun da bor ile bu vitamin arasında pozitif ilişkiden kaynaklanabileceği ileri sürülmüştür (Hunt, 1989). Bu bulgular, Borun D3 vitamininin hidroksilasyon derecesinde veya yarı ömründe bir rolünün olabileceği ve bu özelliğinin, organik bileşiklerde hidroksil gruplarıyla kompleksler oluşturma yeteneğinden kaynaklanabileceği, dolayısıyla, Borun kemik metabolizmasını etkileyebileceği ve kemik dayanıklılığını artırabileceği ileri sürülmüştür (Devirian ve Volpe, 2003). Yapılan bir diğer çalışmada ise, rasyona bor eklemenin, civcivlerde vitamin D eksikliğine bağlı olarak gelişen semptomları büyük ölçüde azalttığı ifade edilmiştir (Hunt, 1989).

3.2.1.5. Borun Hormonlar Üzerine Etkileri

Çalışmalar Borun özellikle kemik metabolizmasında etkili olan hormonları etkilediğini ortaya koymuştur. Yapılan bir çalışmada, borik asit verilen ratlarda parathormon (PTH) seviyelerinde bir azalma olduğu ve bu azalmanın serum kalsiyum seviyelerindeki artıştan kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Aynı çalışmada, borik asidin serum kalsitonin seviyelerini artırdığı bildirilmiştir. Bu artışın nedeninin, hayvanlarda serum kalsiyum ve magnezyum seviyelerindeki artışa bir yanıt olabileceği belirtilmiştir (Ismail, 2022).

Sing ve ark. (2021) buzağılar üzerinde yürüttükleri çalışmada rasyona ilave edilen Borun, serum osteokalsin düzeyini artırırken, kalsitonin ve PTH düzeyini

etkilemediğini ortaya koymuşlardır.

3.2.1.6. Borun Enzimler Üzerine Etkileri

Bor, en az 26 farklı enzimin faaliyetlerini etkileyen önemli bir elementtir ve bu enzimlerin çoğunun enerji metabolizmasında önemli bir rol aldığı düşünülmektedir (Hunt, 1998). Yapılan bir çalışma, etlik piliçlerde borik asit formunda bor takviyesinin serum alanin aminotransferaz, aspartat aminotransferaz, kreatin kinaz, gama-glutamil transferaz, laktat dehidrojenaz, aspartat aminotransferaz enzimlerinin aktivitelerini önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir (Eren ve ark., 2012). Ayrıca, Borun diyabet grubunda insülin ve lipaz aktivitelerini artırdığı bildirilmiştir (Cakır ve ark., 2017).

Karbon tetraklorür (CCl₄) tarafından neden olan karaciğer hasarına karşı borik asidin koruyucu etkisini inceleyen bir çalışmada, farelere 7 gün boyunca günlük olarak 50, 100, 200 mg/kg borik asit verilmiştir ve CCl₄ ile artan AST, ALT ve ALP aktivitesi seviyelerinin bor katkısı ile azaldığı ifade edilmiştir (İnce ve ark., 2012).

3.2.1.7. Borun İmmün Sistem Üzerine Etkileri

Bor, bağışıklık sisteminde ve yangısal olaylarda etkilidir. İmmün yanıt reaksiyonlarını düzenleyen polipeptid tümör nekrozis faktör-alfa (TNF α) üretiminde de rol oynayabilmektedir. Sıçanlarla yapılan bir çalışmada; yetersiz bor alan sıçanların bağışıklık sistemlerinin bakteriyel antijenlere karşı oluşturdukları yanıtın baskılandığı tespit edilmiştir (Goldbach ve Wimmer, 2007). Ayrıca yangısal metabolizmanın düzenlenmesinde, önemli bir proteolitik enzim olan serin proteaz ile yakın bir etkileşimi olduğu ortaya konulmuştur (Yeşilbağ, 2008). Bor, D

vitamininin hormonal formu olan 1,25(OH)D3'ün sentezlenmesinde ve kortikosteroidleri oluşturmasında rol oynar (Aydın ve ark., 2018; Galfney-Stonberg, 2019; Pan ve ark., 2010). Bor, T-hücrelerinin aktivitesini düşürür ve serumda antikor derişimini düzenler, buna baēlı romatoid artrit yan etkilerini azaltır (Devirian ve Volpe, 2003). Saēlıklı kemiklerdeki bor miktarının, artritli kemiklerden daha fazla olduēu bildirilmiştir (Pizzorno, 2015; Goldbach ve Wimmer, 2007; Yeřilbaē, 2008; Devirian ve Volpe, 2003). Romatoid artrit ile ilgili yapılan çalışmalarda, artrit vakalarının, vücuda yüksek oranda bor alımı gözlenen bölgelerde, düşük miktarda alınan bölgelere göre daha az görüldüēü bildirilmiştir (Devirian ve Volpe, 2003; Newnham, 1991).

İnsan diyetlerine eklenen kalsiyum fruktoboratın çeşitli anti-inflamatuar süreçlerde oldukça olumlu etkileri olduēu belirtilmiştir. Bu etkisini ise makrofajların enflamatuar mediatör üretimini düzenlediēi, endotoksinlerle ilişkili hastalıkların gelişimini inhibe ettiēi ve sitokin oluşumunu baskılayarak yaptıēı ifade edilmiştir (Hunter ve ark., 2019).

Borun immun sistem destekleyicisi olduēuna dair bir başka çalışmada ise artrite neden olan bir antijen enjekte edilen ratlarda, bor yönünden kısıtlı diyet verilen grubun, bor desteēi alan gruba göre daha az notrofil yoğunluēu ve doēal öldürücü hücreler oluřtuēu bildirilmiştir (Nielsen F. 2000).

3.2.1.8. Borun Oksidatif Stres Üzerine Etkisi

Antioksidan moleküller, aktif oksijen oluşumunu engelleyerek veya oluşan aktif oksijenleri tutarak, oksidasyonun neden olduēu zararları hücresel bazda engellemekte, dejeneratif hastalıkların oluşumunu durdurmaktadır (Bast ve Goris,

1989). Yapılan çeşitli çalışmalar; Borun hücrelerde indirgenmiş glutatyon miktarını artırarak, oksidatif stresi ve buna bağlı oluşabilecek oksidatif hasarı azalttığını göstermiştir (Ercal ve ark. 2001; İnce ve ark., 2010; Coban ve ark., 2015). Abiyotik strese maruz bırakılan sıçanların besinlerine bor ilavesinin, immün ve antioksidan yanıtı artırdığı tespit edilmiştir (Bhasker ve ark., 2016). Kurtoglu ve ark. (2018) fareler üzerinde yaptıkları çalışmada, Borun, bazı enzim sistemlerinin zayıflattığı antioksidan savunma mekanizmasını ve diğer biyokimyasal metabolik profili olumlu şekilde etkileyebileceğini bildirmişlerdir.

Borun karaciğer üzerindeki zararlı etkileri dengeleyerek oksidatif stres parametrelerini değiştirdiği ve karaciğeri normal fonksiyon seviyesine döndürdüğüne dair kanıtlar bulunmaktadır (Pawa ve Ali, 2006). Ayrıca Borun krebs döngüsü, glukoz-alanin döngüsü ve metionin metabolizması üzerinde etkisinin olduğu, bu durumda oksidatif stresi azalttığı belirtilmiştir (Basoğlu ve ark., 2011). Yine bor uygulamasının, antioksidan savunma mekanizmasını artırarak, farelerde farklı organların yapısını yenileyerek, vücudun çeşitli organlarını korumakta olduğu ifade edilmiştir (Coban ve ark. 2015).

İnflamasyon sürecinde nötrofillerin ve fagositlerin aktive edilmesi, süperoksit, hidrojen peroksit ve mikrobisidal amaçlar için kullanılan hidroksil radikal gibi reaktif oksijen türlerinin üretilmesine neden olur. Fazla reaktif oksijen türleri, glutatyon, süperoksit dismutaz ve katalaz içeren reaksiyonlarda yok edilir. Borun reaktif oksijen türlerinin yok edilmesini etkileyebileceğine dair kanıtlar bulunmaktadır (Scorei ve Rotaru, 2011). Nitekim bor takviyesinin (3.0 mg/gün), bor eksikliği olan (0.25 mg/gün) erkek ve kadınlarda eritrosit süperoksit dismutaz yoğunluğunu önemli ölçüde artırdığı bildirilmiştir (Nielsen, 1996). Yine kültüre

edilmiş THP-1 monositleri ile yapılan bir deneyde, boronun inflamatuvar yaralanmayı glutasyon eksikliği mevcut olsa bile sınırlayabileceği öne sürülmektedir (Cao ve ark.2008).

3.2.1.9. Borun Lipid Metabolizması Üzerine Etkisi

Hunt ve Herbel'in (1993) yapmış olduğu çalışmada rasyonda bor takviyesi verilen civcivlerin, serum "trigliserid" düzeylerinin yükseldiği gözlenmiştir. Yine Nielsen'in (1992) kadınlar üzerinde yaptığı çalışmada bor takviyesi alan grupların serum trigliserid düzeylerinde artış tespit edildiği belirtilmiştir.

Armstrong ve ark. (2000) yılında yaptıkları çalışmada 5 mg/kg bor takviyesi verilen domuzlarda total kolesterol düzeyinin arttığı, 15 mg/kg bor takviyesi verilen grupta ise plazma trigliserid düzeylerinin de artış gösterdiği bildirilmiştir.

3.2.1.10. Borun Embriyo Gelişimi Üzerine Etkisi

Boron embriyo gelişimi üzerine yapılan çalışmalar neticesinde, bu konuda da olumlu etkileri olduğu bildirilmiştir. Fort D. (1999) yılında Güney Afrika Kurbağası (*Xenopus Laevis*) üzerinde yaptığı çalışmada bunu incelemiştir. Bor yönünden kısıtlı diyet uygulanan grupta anormal organogenezis, anormal gastrolasyon ve kanama ile birlikte embriyo ölümlerinde anormal artış gözlemlendiği bildirilmiştir (Fort D. 1999).

Rowe, 1998-1999 yılında tatlı su zebra balığı üzerinde benzer çalışmayı yürütmüş ve benzer sonuçları almıştır. Özellikle bor yönünden kısıtlı yemlerin verildiği grupta % 45 düzeylerinde embriyonik ölümler olduğu bildirilmiştir (Rowe, 1999).

4. GEREÇ VE YÖNTEM

4.1. Gereç

4.1.1. Hayvan ve Yem Materyali

Deneme Malatya Sultansuyu Tarım İşletmesi bünyesinde bulunan Atçılık Ünitesinde yürütülmüştür. Hayvan ve yem materyali aynı işletmeden temin edilmiştir. Denemede 6 aylık yaşta toplam 32 erkek Safkan Arap Tayı kullanılmıştır. Denemede yem materyali olarak aynı işletmede elde edilen çayır ve yonca otu (kaba yem olarak) ve Gözlü Tarım İşletmesi Müdürlüğü'nden temin edilen karma pelet yem (%25 HP, 2700 Kcal ME) ile işletmede üretilen yulaf (ort. % 10 HP) kullanılmıştır. Bütün gruplarda bulunan taylar günün aynı saatinde, aynı rasyon ile bireysel olarak beslenmiştir. Hayvanlara su *ad libitum* kontrollü olarak verilmiştir. Denemede bor minerali kaynağı olarak “Borik Asit” kullanılmıştır (Eren ve ark., 2004; Ince ve ark., 2010; Khaliq ve ark., 2018). Borik asit, Ulusal Bor Araştırma Enstitüsünden (BOREN) temin edilmiştir. Deneme 90 gün sürmüştür. Çalışma süresince taylara herhangi bir egzersiz ve kondisyon yüklemesi yapılmamış olup, tayların açık arazide serbest şekilde gezmelerine imkan sağlanmıştır. Deneme için İnönü Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'na başvuruda bulunulmuş ve uygulama için onay belgesi alınmıştır (Karar no: 2021/26-2-13092).

Denemede kullanılan karma yemin bileşimi Tablo 4’de, hayvanlara verilen kaba ve konsantre yem miktarları ve oranları Tablo 5’de, yemlerin ve rasyonun besin madde düzeyi Tablo 6’da verilmiştir.

PRODUCT SPECIFICATION

Boric Acid

Technical Grade, Powder, Ultra Low Sulphate



Orthoboric Acid

CAS #: 10043-35-3 / EC #: 233-139-2

Chemical Specification

Component	Content
B_2O_3	56.25 - 56.90%
Equivalent H_3BO_3	99.92 - 101.07%
SO_4	12 ppm max.
Cl	3 ppm max.
Fe	3 ppm max.

etimaden.gov.tr

Şekil 2. ETİ Maden(Boren)'den Temin Edilen ve Çalışmada Kullanılan Borik Asit İçeriği

Çalışmada kullanılan borik asitin (H_3BO_3) içindeki elementer bor miktarını hesaplamak için;

- Borik asitin moleküler kütlesi;
Hidrojen (H) : $3 \times 1.01 \text{ g/mol} = 3.03 \text{ g/mol}$
Bor (B) : $1 \times 10.81 \text{ g/mol} = 10.81 \text{ g/mol}$
Oksijen (O) : $3 \times 16.00 \text{ g/mol} = 48.00 \text{ g/mol}$
- Elementer borun yüzdesi ise;
Borun kütlesi 10.81 g/mol
Borik asitin toplam kütlesi 61.84 g/mol
Elementer bor yüzdesi ise $10.81/61.84 \times 100 = \% 17.48$
- Çalışmada kullanılan borik asitin elementerlik oranı % 17.48'dir.

Bu çalışmada 5 mg H₃BO₃ uygulanan grup 5 X 0.1748 = 0.875 mg Bor almış olmaktadır. 10 mg H₃BO₃ uygulanan grup 1.75 mg Bor, 15 H₃BO₃ uygulanan grup ise. 2.625 mg Bor almıştır.

Tablo 4. Çalışmada Kullanılan Karma Yemin Bileşimi.

Yemler	%
Yulaf	66
Arpa	11.9
Buğday kepeği	3.4
DDGS	2.38
Mısır	3.4
Soya küspesi	10.2
Bitkisel yağ	0.34
Tuz	0.41
Mermer tozu	0.68
Dikalsiyum posfat	0.34
Toksin bağlayıcı	0.13
Melas	0.68
İz mineral*	0.14

*:1 kg KM'de: 4.200.000 IU vit A, 1.400.000 IU vit D3, 10.500 mg vit E, 180.000 mg niasin, 75.000 mg kolin, 20.000 mg mangan, 25.000 mg demir, 25.000 mg çinko, 5.000 mg bakır, 50 mg kobalt, 200 mg iyot, 180 mg Se.

Tablo 5. Hayvanlara Verilen Kaba ve Konsantre Yem Miktarları ve Oranları.

Günler	Kaba yem		Konsantre yem	
	Kg	%	Kg	%
0-30. gün	6.00	71.43	2.40	28.57
30-60. gün	6.50	71.43	2.60	28.57
60-90. gün	6.75	71.43	2.70	28.57

Tablo 6. Yemlerin ve Rasyonun Besin Madde Düzeyi.

	Kaba yem	Konsantre yem	Rasyon
Kuru madde , %	94.09	92.33	93.58
Ham protein, %	14.41	16.28	14.94
Ham kül, %	10.36	4.14	8.58
Ham yağ, %	2.63	3.49	2.87
Ham selüloz, %	25.28	10.46	21.04
Enerji, ME,kcal/kg*	2300	2727	2422
Bor, %	0.029	0.030	0.029

*:Hesaplama yoluyla elde edilmiştir.

4.2.Yöntem

4.2.1. Deneme Düzeni

Deneme, rastgele gruplandırma ile belirlenen ve başlangıç canlı ağırlıkları birbirine yakın, her grupta 8 tay bulunan (n=8) dört grup üzerinde yürütülmüştür. Deneme gruplarını rasyona farklı dozlarda ilave edilen bor minerali oluşturmuştur. Buna göre, bor ilave edilmeyen grup kontrol grubunu (K Grubu), 5 mg borik asit ilave edilen grup B5 grubunu, 10 mg borik asit ilave edilen grup B10 grubunu, 15 mg borik asit ilave edilen grup B15 grubunu oluşturmuştur (Rondanelli ve ark., 2020; WHO, 1998; EFSA (European Food Safety Authority), 2004). Borik asit, 10 ml distile su ile sulandırılarak oral yoldan besin enjektörü ile günlük olarak, günün aynı saatinde (15:00) verilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Taylara Oral Yoldan Bor Uygulanması.

4.2.2 Ölçümler ve Analizler

4.2.2.1. Canlı Ağırlık (CA) ve Günlük Canlı Ağırlık Artışının (GCAA) Belirlenmesi

Taylar, denemenin başında kalibre edilmiş 0.5 kg hassasiyete sahip terazi ile tartılarak, başlangıç canlı ağırlıkları tespit edilmiştir. Daha sonra grup canlı ağırlık ortalamaları birbirine yakın olacak şekilde dağıtılarak deneme süreci başlatılmıştır. Denemenin 30, 60 ve 90. günlerinde de taylar tartılarak CAA düzenli olarak ölçülmüştür. İki ardışık ay arasındaki canlı ağırlık ölçümleri arasındaki farkın gün sayısına bölünmesi ile de günlük canlı ağırlık artışları belirlenmiştir.



Şekil 4. Denemede Kullanılan Tayların Tartılması.

4.2.2.2 Günlük Yem Tüketiminin (GYT) Belirlenmesi

Yem tüketimleri günlük olarak tespit edilmiştir. Yemler hayvanlara tartılarak verilmiş, ertesi gün yemlemeden önce artan yemler toplanıp tartılmış ve bir önceki yemlerden çıkarılarak günlük yem tüketimleri bireysel olarak tespit edilmiştir.

4.2.2.3 Yemden Yararlanma Oranının (YYO) Belirlenmesi

Günlük tüketilen yem miktarının günlük canlı ağırlık artışına bölünmesi ile de yemden yararlanma oranı (YYO) belirlenmiş ve hesaplama yöntemi aşağıda verilmiştir.

$$YYO = \frac{\text{Günlük Yem Tüketimi}}{\text{Günlük Canlı Ağırlık Artışı}}$$

4.2.2.4 Kemik Gelişimi, Cidago Yüksekliği ve Göğüs Çevresi Ölçümlerinin Belirlenmesi

Taylardaki kemik gelişimini belirlemek amacıyla, denemenin başında, 30, 60 ve 90. günlerde bireysel olarak sol ön ayak metakarpal kemik orta kısmından çap ölçümü yapılarak kemik gelişimi tespit edilmiştir. Ayrıca, aynı günlerde bireysel olarak cidago yüksekliği ve göğüs çevresinin ölçümleri de yapılarak kayıt altına alınmıştır.

4.2.2.5. Denemede Kullanılan Kaba ve Konsantre Yemin Ham Besin Madde Bileşimlerinin Belirlenmesi

Kaba ve karma yemin ham besin madde düzeylerinin belirlenmesi işlemi Fırat Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı Laboratuvarlarında yapılmıştır. Yemlerin kuru madde, ham kül, ham protein, ham yağ analizleri AOAC (1980)'de bildirilen analiz metotlarına göre ham selüloz miktarı ise Crampton ve Maynard (1983)'a göre belirlenmiştir. Yemlerin enerji düzeylerinin hesaplanmasında Coşkun ve ark. (2019) tarafından hazırlanan rasyon programı (At_V5.05) kullanılmıştır. Kaba ve konsantre yemin bor düzeyi, Türkiye Enerji, Nükleer ve Maden Araştırma Kurumu'na bağlı, Ulusal Bor Araştırma Enstitüsünde (BOREN) belirlenmiştir [İşletme içi metot (EPA 3051 A ve 6010 D metotlarından) uyarlanmıştır].

4.2.2.6. Kan Parametrelerinin Analizleri

Denemenin başında, 30, 60 ve 90. günlerde, sabah yemlemeden önce taylar aç durumda iken, vena jugularis'ten kan alma iğnesi (BD Vacutainer 21G) ile kan örnekleri alınmış, alınan bu kanlar 3500 devirde 15 dakika santrifüj edilerek serum örnekleri elde edilmiştir. Serum örneklerinde glikoz, kortizol, trigliserid, toplam kolesterol, alkalen fosfataz (ALP), aspartat aminotransferaz (AST), alanin aminotransferaz (ALT), paratiroid hormon (PTH), Ca, Mg ve P analizleri Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyokimya Anabilim Dalında biyokimyasal analizör (ADVIA 1800- SIEMENS) kullanılarak yapılmıştır. Serum bor düzeyi BOREN'de belirlenmiştir (İşletme içi metot (CEM//Mars6 mikrodalga ve Thermo Scientific/ICAP 7000 ICP OES kullanma talimatları)). Serum vitamin D3 (Kit: Vitamin D3 Universal, Yöntem: ELİSA, Cihaz: Microplate reader: BIO-TEK EL

X 800-Aotu strip washer: BIO TEK EL X 50), kalsitonin (Kit: Calcitonin(CALCA) Horse, Yöntem: ELİSA, Cihaz: Microplate reader: BIO-TEK EL X 800-Aotu strip washer: BIO TEK EL X 50) ve osteokalsin (Kit: Osteocalcin(BGLAP) Horse, Yöntem: ELİSA, Cihaz: Microplate reader: BIO-TEK EL X 800-Aotu strip washer: BIO TEK EL X 50) analizleri ise özel bir firmadan (BARAN MEDİKAL, Ankara) hizmet alımı şeklinde yapılmıştır.

4.2.2.7. Serumda Oksidatif Stres ve Antioksidan Parametrelerin Belirlenmesi

Denemenin başında, 30. 60. ve 90. günlerde alınan kanlardan elde edilen serumlarda oksidatif stres ve antioksidan parametrelerin belirlenmesi işlemi Fırat Üniversitesi Veteriner Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı Laboratuvarları'nda yapılmıştır.

4.2.2.7.1 Serumda Lipit Peroksit (MDA) Düzeyinin Ölçümü

Serumda lipit peroksit tayini, Placer ve ark. (1966) tarafından tanımlanan spektrofotometrik yonteme göre gerçekleştirilmiştir. Serumlar anaerobik şartlarda ve pH 3.4'te kaynar su banyosunda inkübasyonu (100° C'de 1 saat) sonucunda elde edilen lipit peroksidasyonunun sekonder ürünü olan MDA, tiyobarbitürik asit (TBA) ile reaksiyona girerek pembe renkli bir kompleks oluşturmuştur. Bu kompleks, 532 nm'de spektrofotometrik olarak ölçülerek, MDA düzeyi nmol/g olarak ifade edilmiştir.

4.2.2.7.2 Serumda Glutasyon Peroksidaz (GSH-Px) Düzeyinin Ölçümü

Serumlarda GSH-Px aktivitesi Lawrence ve ark. (1976)'nın tanımladığı şekilde belirlenmiştir. Dokulardaki GSH-Px, GSH'ı cumenehidroperoksit (CHPO)

ile oksidasyona uğratmıştır. Renk ajanı olarak 5,5-ditiyo-bis (2-nitrobenzoik asit: DTNB) solüsyonu ile karıştırılması sonucu hem kör hem de örneklerde meydana gelen sarı renk kompleksi spektrofotometrede 412 nm’de ölçülerek, GSH-Px aktivitesi IU/g protein şeklinde ifade edilmiştir.

4.2.2.7.3 Serumda Katalaz (CAT) Aktivitesinin Ölçümü

Serumlarda katalaz aktivitesi Goth (1991)’un metoduna göre belirlendi. Kan, hidrojen peroksit (H_2O_2) içeren substrat ile inkübe edildiğinde, hidrojen peroksit (H_2O_2) katalaz aktivitesi ile H_2O ve O_2 ’ye parçalanmıştır. Ortama ilave edilen amonyum molibdat H_2O_2 ile birleşerek reaksiyonu sonlandırmıştır. Meydana gelen renk değişimi 405 nm’de köre karşı spektrofotometrik olarak ölçülerek, katalaz enzim düzeyi kU/g protein olarak ifade edilmiştir.

4.2.2.8 İstatistiksel Analizler

Çalışmada örnekleme sayısı, etki büyüklüğü 0.67 ile alfa hata 0.05 ve %85 güçte G*Power paket programı (Versiyon 3.1.9.2) yardımı ile toplamda 32 tay ($n=8$; 4 grup) olacak şekilde belirlenmiştir (Faul ve ark., 2007). Verilerin değerlendirilmesinde SPSS istatistik paket programı (IBM SPSS Versiyon 22.0) kullanılmıştır (IBM SPSS, 2013). Çalışmada, veriler için parametrik testlerin ön şartlarından normallik varsayımına uygunluk “Shapiro-Wilk” testi ile varyansların homojenliği ise “Levene” testi ile kontrol edildi. Parametrik test varsayımları karşılandığında, gruplar arası farklılıkları belirlemek için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve homojen grupların ikili karşılaştırmalarında post-hoc analizi olarak “Tukey” testi, homojen olmayan grupların karşılaştırılmasında ise post-hoc analizi olarak “Tamhane T2” testi kullanıldı. Normallik varsayımı sağlanamayan grupların

varyans analizi için “Kruskall Wallis” testi kullanılırken, grupların ikili karşılaştırılmaları ise “Mann Whitney U” testi ile değerlendirilmiştir. Veriler, parametrik test kullanımında gruplar için ortalama ve standart sapma olarak, nonparametrik testlerin kullanımında ise medyan (ortanca değer), en yüksek (maksimum) ve en düşük (minimum) değer şeklinde sunulmuştur. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $P < 0.05$ olarak kabul edilmiştir. Tüm istatistiksel analizlerde lisanslı SPSS paket programı (22.0 Chicago, IL, USA) kullanılmıştır. Verilerin normal dağılıma uyumunu kontrol etmek için Shapiro-Wilk testi kullanılırken varyansların homojenliği ise Levene testi ile belirlenmiştir. Parametrik varsayımları karşılayan veriler için tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) ve sonrasında çoklu karşılaştırmalar için post hoc analizi olarak Tukey’s testi kullanılmıştır. Parametrelerin farklı zamanlara göre değişimleri Genel Lineer Model (GLM) prosedüründe tekrarlı ölçümler (RM) yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Mauchly’nin küresellik testi küresellik varsayımının kontrolünü yapmak için kullanılmıştır. Küresellik varsayımını sağlamayan parametreler için Greenhouse-Geisser testi dikkate alınmıştır.

5. BULGULAR

5.1. Performans Parametreleri

Denemede, farklı dozlarda verilen Borun safkan arap taylarında büyüme performansı parametrelerinden yem tüketimi, canlı ağırlık artışı, yemden yararlanma oranı; metakarpal çap, cidago yüksekliği ve göğüs çevresi ölçüleri; kan serumunda enerji metabolizması parametrelerinden glikoz, kolesterol, trigliserid ve kortizol düzeyleri; kemik metabolizması parametrelerinden serum Ca, P, Mg, parathormon, kalsitonin, osteokalsin, vitamin D₃ düzeyleri; antioksidan aktivite parametrelerinden MDA, GSHPx ve CAT düzeyleri ile serum AST, ALT ve ALP düzeyleri üzerine olan etkileri araştırılmış ve elde edilen bulgular aşağıda sunulmuştur.

Tablo 7. Farklı Dozlardaki Borun Canlı Ağırlık Üzerine Etkisi (n=8)

Gruplar						
Günler	Kontrol	B5	B10	B15	P*	Linear
0	239.3±3.3 ^D	238.4±5.9 ^D	239.2±4.3 ^D	237.3±6.2 ^D	>0.05	>0.05
30	258.5±4.1 ^C	259.0±4.9 ^C	261.9±3.9 ^C	260.8±5.4 ^C	>0.05	>0.05
60	268.8±3.1 ^B	268.9±5.1 ^B	273.9±4.6 ^B	274.8±5.3 ^B	>0.05	>0.05
90	284.5±3.5 ^A	284.5±5.8 ^A	288.1±5.1 ^A	288.4±6.0 ^A	>0.05	>0.05
RM	<0.001	<0.001	<0.001**	<0.001		

Veriler ortalama ± standart hata olarak verilmiştir.

* One-way ANOVA (Gruplar arası karşılaştırmalar için post hoc olarak Tukey testi yapılmıştır.

Ölçüm zamanları arasındaki farklılık tekrarlı ölçüm (RM) analizi ile yapılmıştır.

** Greenhouse-Geisser

Grupların üzerindeki farklı büyük harfler (A-D) aynı sütunda bulunan ortalamalar arasındaki farkı gösterir.

Canlı ağırlık bakımından gruplar arasında istatistiksel olarak bir farklılık görülmezken ($p>0.05$), tüm gruplarda zamana bağlı olarak anlamlı bir artış tespit edilmiştir ($p<0.001$).

Tablo 8. Farklı Dozlardaki Borun Yem Yüketimi, Günlük Canlı Ağırlık Artışı (GCAA) ve Yemden Yararlanma Oranı (YYO) Üzerine Etkisi (n=8)

Gruplar							
	Gün	Kontrol	B5	B10	B15	P*	Linear
Yem tüketimi(kg)	0-30	8.4 kg	8.4 kg	8.4 kg	8.4 kg	>0.05	>0.05
	30-60	9.1 kg	9.1 kg	9.1 kg	9.1 kg	>0.05	>0.05
	60-90	9.45 kg	9.45 kg	9.45 kg	9.45 kg	>0.05	>0.05
GCAA,	0-30	640.0±51.7 ^b	686.6±50.9 ^b	756.6±57.1 ^a	783.3±71.6 ^a	0.030	<0.05
	30-60	343.3±21.9 ^b	330.0±23.4 ^b	400.0±51.5 ^{ab}	466.6±40.7 ^a	0.026	<0.05
	60-90	523.3±32.6 ^a	520.0±33.8 ^a	473.3±30.7 ^b	453.3±26.1 ^b	0.032	<0.05
	0-90	502.2±10.8 ^b	512.2±18.6 ^b	543.3±31.4 ^{ab}	567.7±21.8 ^a	0.013	0.007
YYO	0-30	13.1±1.6 ^a	12.2±1.2 ^a	11.1±1.4 ^{ab}	10.7±1.5 ^b	0.041	<0.05
	30-60	26.5±1.7 ^a	27.6±1.2 ^a	22.7±1.4 ^{ab}	19.5±1.4 ^b	0.022	<0.05
	60-90	18.0±1.3	18.1±1.3	19.9±1.3	20.8±0.8	>0.05	>0.05
	0-90	19.2±0.4 ^a	19.3±0.6 ^a	17.9±0.8 ^{ab}	17.0±0.5 ^b	0.038	0.024

Veriler ortalama ± standart hata olarak verilmiştir.

* One-way ANOVA (Gruplar arası karşılaştırmalar için post hoc olarak Tukey testi yapılmıştır.

Ölçüm zamanları arasındaki farklılık tekrarlı ölçüm (RM) analizi ile yapılmıştır.

Grupların üzerindeki farklı küçük harfler (a-d) aynı satırda bulunan ortalamalar arasındaki farkı gösterir.

Günlük yem tüketimi tüm gruplarda benzer çıkmıştır ($p>0.05$). En yüksek günlük canlı ağırlık artışı B15 grubunda tespit edilirken, bunu sırasıyla B10, B5 ve kontrol grupları takip etmiştir ($p=0.013$).

Gruplardaki günlük canlı ağırlık artışları incelendiğinde, deneme süresince günlük canlı ağırlık ortalamaları en yüksek B15 grubunda tespit edilirken, bunu sırasıyla B10 grubu, B5 grubu ve kontrol grubu izlemiştir ($p=0.013$).

İlk 30 gün yemden yararlanma oranı açısından gruplar arasında bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Toplam çalışma süresince en iyi yemden yararlanma oranı B15 grubunda tespit edilirken, bunu sırasıyla B10, B5 ve kontrol grupları izlemiştir ($p=0.009$).

Tablo 9. Farklı Dozlardaki Borun Metakarpal Çap, Cidago Yüksekliği ve Göğüs Çevresi Üzerine Etkisi (n=8)

Gruplar							
	Günler	Kontrol	B5	B10	B15	P*	Linear
Metakarpal çap, cm	0	17.4±0.2 ^B	17.0±0.3 ^B	17.0±0.2 ^C	16.8±0.2 ^D	>0.05	>0.05
	30	17.6±0.2 ^{AB}	17.7±0.2 ^A	17.3±0.2 ^B	17.3±0.1 ^C	>0.05	>0.05
	60	17.6±0.1 ^A	17.9±0.2 ^A	17.6±0.2 ^A	17.6±0.1 ^B	>0.05	>0.05
	90	17.8±0.1 ^A	17.9±0.2 ^A	17.6±0.2 ^A	17.8±0.1 ^A	>0.05	>0.05
	RM	0.005	<0.001	<0.001	<0.001		
Cidago yüksekliği, cm	0	133.3±1.3 ^D	133.4±1.3 ^D	134.4±1.2 ^D	132.9±1.0 ^D	>0.05	>0.05
	30	135.6±0.8 ^C	136.0±1.0 ^C	137.1±0.8 ^C	136.1±0.9 ^C	>0.05	>0.05
	60	137.1±0.8 ^B	136.9±1.0 ^B	138.4±0.8 ^B	137.4±0.8 ^B	>0.05	>0.05
	90	140.4±1.0 ^A	140.1±0.8 ^A	141.4±0.5 ^A	141.4±0.5 ^A	>0.05	>0.05
	RM	<0.001	<0.001	<0.001**	<0.001		
Göğüs çevresi, cm	0	141.8±0.9 ^D	141.3±2.2 ^D	141.9±1.6 ^D	140.0±1.8 ^D	>0.05	>0.05
	30	145.3±0.7 ^C	145.0±1.7 ^C	146.0±1.2 ^C	145.5±1.6 ^C	>0.05	>0.05
	60	147.1±0.8 ^B	147.4±1.6 ^B	148.1±1.3 ^B	148.5±1.5 ^B	>0.05	>0.05
	90	149.4±0.6 ^A	150.5±1.6 ^A	151.1±1.1 ^A	151.3±1.3 ^A	>0.05	>0.05
	RM	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001**		

Veriler ortalama ± standart hata olarak verilmiştir.

* One-way ANOVA (Gruplar arası karşılaştırmalar için post hoc olarak Tukey testi yapılmıştır.

Ölçüm zamanları arasındaki farklılık tekrarlı ölçüm (RM) analizi ile yapılmıştır.

** olan p değerleri küresellik sağlanmadığı zaman kullanılan Greenhouse-Geisser testinin sonuçları

Grupların üzerindeki farklı büyük harfler (A-D) aynı sütunda bulunan ortalamalar arasındaki farkı gösterir.

Yıldız olmayan p değerleri küresellik sağlandığında elde edilen p değerleri

Metakarpal çap, cidago yüksekliği ve göğüs çapı ölçüleri bakımından gruplar arasında istatistiksel olarak bir farklılık görülmezken ($p>0.05$), tüm gruplarda zamana bağlı olarak anlamlı bir artış tespit edilmiştir ($p<0.001$).

5.2.Kan Parametreleri

Tablo 10. Farklı Dozlardaki Borun Serum Glikoz, Kolesterol ve Trigliserid Düzeyleri Üzerine Etkisi (n=8)

		Gruplar					
	Günler	Kontrol	B5	B10	B15	P*	Linear
Glikoz, mg/dL	0	100.5±7.3	99.9±5.3	100.1±6.8	101.3±6.6	>0.05	>0.05
	30	98.4±8.1	96±7.7	96.1±5.9	91.5±6.0	>0.05	>0.05
	60	97.4±8.8	97.3±8.3	93.5±7.3	91.8±6.0	>0.05	>0.05
	90	96±10.6	91.1±8.3	87.4±10.6	85.6±9.3	>0.05	>0.05
	RM	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05		
Kolesterol, mg/dL	0	76.9±2.4	76.9±3.3	77.3±2.2	76.9±3.4	>0.05	>0.05
	30	74.9±3.0	73±3.5	72±3.0	70.5±2.6	>0.05	>0.05
	60	70.6±3.7	68.6±3.6	68.9±2.5	69.1±4.3	>0.05	>0.05
	90	73.1±2.9	67±3.4	65.8±3.1	65.8±2.7	>0.05	>0.05
	RM	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05		
Trigliserid, mg/dL	0	25.4±2.4	26.4±1.4	25.6±1.9	25.3±1.6	>0.05	>0.05
	30	26.3±1.3	24.8±1.5	24.4±1.5	24.3±1.5	>0.05	>0.05
	60	25.1±1.3	24.4±1.6	23.0±1.4	22.9±2.4	>0.05	>0.05
	90	24.6±1.6	22.8±1.7	22.5±1.5	21.1±1.0	>0.05	>0.05
	RM	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05		

Veriler ortalama ± standart hata olarak verilmiştir.

* One-way ANOVA (Gruplar arası karşılaştırmalar için post hoc olarak Tukey testi yapılmıştır.

Ölçüm zamanları arasındaki farklılık tekrarlı ölçüm (RM) analizi ile yapılmıştır.

Çalışma süresince farklı ölçüm zamanlarında gruplar arasında serum glikoz, kolesterol ve trigliserid seviyeleri istatistiksel olarak bir farklılık göstermemiştir ($p>0.05$, Tablo 10). Benzer şekilde bu parametrelerde doza bağlı olarak da istatistiksel bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$)

Tablo 11. Farklı Dozlardaki Borun Serum AST, ALT ve ALP Düzeyleri Üzerine Etkisi (n=8)

		Gruplar					
	Günler	Kontrol	B5	B10	B15	P*	Linear
AST, U/L	0	262.3±4.1	257.4±10.1	260.9±5.3	258.4±11.6	>0.05	>0.05
	30	258.6±6.3	260.1±9.4	260.3±5.8	260.4±5.6	>0.05	>0.05
	60	257.3±13.4	256.4±13.8	258.8±9.4	253.9±10.4	>0.05	>0.05
	90	266.8±9.4	255.1±4.7	256±8.0	255.9±2.9	>0.05	>0.05
	RM	>0.05	>0.05	>0.05**	>0.05		
ALT, U/L	0	17.6±0.7	17.6±0.7	18.0±0.5	18.1±0.6	>0.05	>0.05
	30	17.9±0.7	17.8±0.8	17.8±0.8	17.3±0.8	>0.05	>0.05
	60	17.8±0.8	18.1±1.3	18.5±0.9	16.6±0.7	>0.05	>0.05
	90	18.6±1.9	18.4±1.1	19.4±1.5	16.8±1.4	>0.05	>0.05
	RM	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05		
ALP, U/L	0	202.6±7.8	206.6±6.1	204.3±7.3	200.8±6.3	>0.05	>0.05
	30	195.9±9.3	196±5.8	194.3±6.6	195.6±6.7	>0.05	>0.05
	60	200.1±10.2	200.4±6.9	190.0±9.7	192.9±9.0	>0.05	>0.05
	90	205.3±5.7	192.0±7.3	187.9±8.1	186.4±8.1	>0.05	>0.05
	RM	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05		

Veriler ortalama ± standart hata olarak verilmiştir.

* One-way ANOVA (Gruplar arası karşılaştırmalar için post hoc olarak Tukey testi yapılmıştır.

Ölçüm zamanları arasındaki farklılık tekrarlı ölçüm (RM) analizi ile yapılmıştır.

Çalışma süresince farklı ölçüm zamanlarında gruplar arasında serum AST, ALT ve ALP seviyeleri farklılık göstermemiştir ($p>0.05$, tablo 11). Benzer şekilde bu parametrelerde doza bağlı olarak da istatistiksel bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$).

Tablo 12. Farklı Dozlardaki Borun Serum Ca, P, Mg ve B Düzeyleri Üzerine Etkisi (n=8)

		Gruplar					
	Gün	Kontrol	B5	B10	B15	P*	Linear
Ca, mg/dL	0	10.7±0.3	10.4±0.3	10.7±0.3	10.6±0.2	>0.05	>0.05
	30	10.3±0.3	10.5±0.2	10.9±0.3	11.2±0.4	>0.05	0.021
	60	10.2±0.4	10.6±0.4	11.2±0.3	11.1±0.3	>0.05	0.042
	90	10.2±0.3 ^b	10.4±0.2 ^{ab}	11.1±0.4 ^{ab}	11.5±0.4 ^a	0.030	0.004
	RM	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05		
P, mg/dL	0	5.9±0.1	5.9±0.1	5.9±0.1	6.1±0.2	>0.05	>0.05
	30	5.9±0.2	5.9±0.1	5.8±0.1	5.9±0.2	>0.05	>0.05
	60	5.9±0.2	5.8±0.1	5.9±0.2	5.9±0.2	>0.05	>0.05
	90	5.9±0.2	5.9±0.1	5.8±0.2	5.9±0.2	>0.05	>0.05
	RM	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05		
Mg, mg/dL	0	1.9±0.1	1.9±0.1	1.9±0.1	1.9±0.1	>0.05	>0.05
	30	1.9±0.1	1.9±0.1	1.9±0.1	1.9±0.1	>0.05	>0.05
	60	1.8±0.1	1.9±0.1	1.8±0.1	1.8±0.1	>0.05	>0.05
	90	1.8±0.1	1.8±0.1	1.8±0.1	1.8±0.1	>0.05	>0.05
	RM	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05		
B, mg/L	0	0.026±0.0015	0.025±0.001 ^D	0.026±0.0013 ^C	0.025±0.001 ^C	>0.05	>0.05
	30	0.026±0.0017 ^d	0.040±0.001 ^{c,C}	0.06±0.0013 ^{b,B}	0.073±0.001 ^{a,B}	<0.001	<0.001
	60	0.026±0.0012 ^d	0.050±0.001 ^{c,B}	0.071±0.0010 ^{b,A}	0.097±0.001 ^{a,A}	<0.001	<0.001
	90	0.026±0.0012 ^c	0.056±0.011 ^{b,A}	0.075±0.0011 ^{b,A}	0.132±0.001 ^{a,A}	<0.001	<0.001
	RM	>0.05 ^{**}	<0.001	<0.001	<0.001		

Veriler ortalama ± standart hata olarak verilmiştir.

* One-way ANOVA (Gruplar arası karşılaştırmalar için post hoc olarak Tukey testi yapılmıştır.

Ölçüm zamanları arasındaki farklılık tekrarlı ölçüm (RM) analizi ile yapılmıştır.

** Greenhouse-Geisser

Grupların üzerindeki farklı küçük harfler (a-d) aynı satırda bulunan ortalamalar arasındaki farkı gösterir.

Grupların üzerindeki farklı büyük harfler (A-D) aynı sütunda bulunan ortalamalar arasındaki farkı gösterir.

Serum P ve Mg seviyeleri farklı ölçüm zamanlarında gruplar arasında bir değişiklik göstermemiştir ($p>0.05$, tablo 12). Aynı şekilde 60. güne kadar olan ölçümlerde serum Ca seviyelerinde anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. Ancak 90.

günde yapılan karşılaştırmada B15 grubunda serum Ca seviyesinin kontrol grubuna göre daha fazla olduğu belirlenmiştir ($p=0.03$). Serum Ca seviyesi 30 ($p=0.021$) 60 ($p=0.042$) ve 90. günlerde ($p=0.004$) doza bağlı olarak linear bir artış göstermiştir.

Serum B düzeyi doza bağlı olarak linear bir artış sergilemiştir ($p<0.001$). Kontrol grubu hariç diğer tüm gruplarda bor uygulamasıyla birlikte zamana bağlı olarak bor seviyesi artmıştır ($p<0.001$).



Tablo 13. Farklı Dozlardaki Borun Serum Kortizol, Kalsitonin, Osteokalsin ve Parathormon Düzeyleri Üzerine Etkisi (n=8)

		Gruplar					
	Günler	Kontrol	B5	B10	B15	P*	Linear
Kortizol ug/dl	0	2.2±0.3	2.1±0.2	2.1±0.2	2.2±0.2	>0.05	>0.05
	30	2.2±0.2	2.2±0.2	2.4±0.1	2.4±0.2	>0.05	>0.05
	60	2.2±0.3	2.4±0.1	2.6±0.1	2.7±0.1	>0.05	0.026
	90	2.0±0.1 ^b	2.5±0.2 ^{ab}	2.7±0.1 ^a	2.8±0.2 ^a	0.004	<0.001
	RM	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05		
Parathormon, pg/ml	0	36.0±1.9	36±1.5	36.8±2.0	36.6±2.4	>0.05	>0.05
	30	36.4±2.2	35.9±2.2	37.4±1.5	37.1±1.7	>0.05	>0.05
	60	36.5±1.8	35.6±1.8	35±2.4	36.3±2.2	>0.05	>0.05
	90	35.4±1.7	36.5±2.5	36.8±1.9	36.6±2.3	>0.05	>0.05
	RM	>0.05	>0.05**	>0.05	>0.05		
Kalsitonin, ng/ml	0	141.1±5.2	140.5±3.9	140.8±4.1 ^D	140.9±3.5 ^D	>0.05	>0.05
	30	142.1±2.7 ^b	141.3±2.6 ^b	150.7±3.6 ^b C	163.4±2.1 ^a C	<0.001	<0.001
	60	140.3±4.8 ^b	146.3±3.7 ^b	179.2±9.5 ^a B	182.1±6.9 ^a B	<0.001	<0.001
	90	142.0±11.6 ^b	171.6±13 ^b	215.7±7.1 ^a A	233.8±4.7 ^a A	<0.001	<0.001
	RM	>0.05**	>0.05**	<0.001	<0.001		
Osteokalsin, ng/ml	0	10.9±0.5	11.1±0.7 ^C	11.0±0.3 ^C	11.0±0.5 ^D	>0.05	>0.05
	30	11.1±0.5	11.2±0.7 ^C	12±0.7 ^{BC}	12.2±0.4 ^C	>0.05	>0.05
	60	12.6±0.8	13.8±0.8 ^B	13.7±0.7 ^B	15.0±0.5 ^B	>0.05	0.033
	90	11.8±0.5 ^c	17.2±0.8 ^b A	17.2±0.8 ^b A	20.6±0.8 ^a A	<0.001	<0.001
		>0.05**	<0.001	<0.001	<0.001		

Veriler ortalama ± standart hata olarak verilmiştir.

* One-way ANOVA (Gruplar arası karşılaştırmalar için post hoc olarak Tukey testi yapılmıştır.

Ölçüm zamanları arasındaki farklılık tekrarlı ölçüm (RM) analizi ile yapılmıştır.

** Greenhouse-Geisser

Grupların üzerindeki farklı küçük harfler (a-d) aynı satırda bulunan ortalamalar arasındaki farkı gösterir.

Grupların üzerindeki farklı büyük harfler (A-D) aynı sütunda bulunan ortalamalar arasındaki farkı gösterir.

Serum kortizol seviyesi 90. günde B10 ve B15 gruplarında kontrol grubuna göre anlamlı bir artış sergilemiştir ($p=0.004$). Aynı ölçüm zamanında kortizol seviyesi doza bağlı linear bir artış göstermiştir ($p<0.001$).

Serum PTH seviyesi farklı ölçüm zamanlarında ve gruplar arasında bir farklılık göstermemiştir.

30. günde B15 grubu diğer gruplara göre daha yüksek kalsitonin seviyesine sahipken, 60. ve 90. günlerde ise B10 ve B15 gruplarının diğer gruplara göre daha yüksek kalsitonin seviyesine sahip olduğu tespit edilmiştir ($p<0.001$). Başlangıç ölçümü hariç tüm ölçüm zamanlarında kalsitonin seviyesi doza bağlı bir artış göstermiştir ($p<0.001$). Kalsitonin seviyesi B10 ve B15 gruplarında zamana bağlı olarak da anlamlı bir artış göstermiştir ($p<0.001$).

Osteokalsin seviyesinde sadece 90. gün ölçümlerinde gruplar arasında istatistiksel olarak bir farklılık görülmüş ($p<0.001$) ve doza bağlı olarak linear bir artış sergilemiştir ($p<0.001$). Kontrol grubu hariç diğer tüm gruplarda bor uygulamasıyla birlikte zamana bağlı olarak osteokalsin seviyesi artmıştır ($p<0.001$).

Tablo 14. Farklı Dozlardaki Borun Serum Vitamin D₃ Düzeyi Üzerine Etkisi (n=8)

	Günler	Gruplar				P*	Linear
		Kontrol	B5	B10	B15		
Vit D ₃ , ng/ml	0	41.3±2.5	41.2±2.1 ^B	40.8±1.6 ^B	40.3±0.9 ^B	>0.05	>0.05
	30	41.9±1.4	41.4±1.8 ^{AB}	41.8±1.6 ^B	42.0±1.8 ^{AB}	>0.05	>0.05
	60	44.5±3.1	46.0±2.7 ^{AB}	46.5±3.9 ^B	45.7±3.0 ^{AB}	>0.05	>0.05
	90	45.6±4.0	51.3±3.4 ^A	52.7±3.2 ^A	52.4±2.4 ^A	>0.05	>0.05
	RM	>0.05**	0.028	0.004**	0.001		

Veriler ortalama ± standart hata olarak verilmiştir.

* One-way ANOVA (Gruplar arası karşılaştırmalar için post hoc olarak Tukey testi yapılmıştır.

Ölçüm zamanları arasındaki farklılık tekrarlı ölçüm (RM) analizi ile yapılmıştır.

** Greenhouse-Geisser

Grupların üzerindeki farklı büyük harfler (A-D) aynı sütunda bulunan ortalamalar arasındaki farkı gösterir.

Vitamin D₃ seviyesinde doza bağlı olarak gruplar arasında bir farklılık meydana gelmemiştir ($p>0.05$). Kontrol grubu hariç diğer gruplarda 90. gün ölçülen vitamin D₃ seviyesinin başlangıç seviyesine göre anlamlı olarak farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

5.2.Oksidatif Stres ve Antioksidan Parametreleri

Tablo 15. Farklı Dozlardaki Borun Serum MDA, CAT, Gshpx Düzeyleri Üzerine Etkisi (n=8)

		Gruplar					
	Günler	Kontrol	B5	B10	B15	P*	Linear
MDA, nmol/ ml	0	10.1±0.7	10.2±0.2 ^A	10.1±0.8 ^A	10.0±0.5 ^A	>0.05	>0.05
	30	10.1±0.4 ^a	9.3±0.3 ^{ab, AB}	8.4±0.2 ^{bc, A}	7.9±0.2 ^{c, B}	<0.001	<0.001
	60	9.8±0.4 ^a	8.5±0.5 ^{ab, B}	7.5±0.3 ^{bc, B}	6.9±0.3 ^{c, C}	<0.001	<0.001
	90	10.0±0.5 ^a	6.5±0.2 ^{b, C}	5.8±0.2 ^{b, C}	5.5±0.3 ^{b, D}	<0.001	<0.001
	RM	>0.05**	<0.001	0.002**	<0.001		
CAT, ku/L	0	60.1±1.2	60.4±0.7 ^C	60.1±0.8 ^C	60.1±0.4 ^D	>0.05	>0.05
	30	59.8±0.7 ^c	61.7±0.5 ^{bc, C}	63.7±0.6 ^{b, B}	66.8±0.6 ^{a, C}	<0.001	<0.001
	60	60.1±1.0 ^d	64.2±0.3 ^{c, B}	66.7±0.3 ^{b, A}	70.8±0.6 ^{a, B}	<0.001	<0.001
	90	60.2±0.6 ^d	65.1±0.4 ^{c, A}	67.6±0.4 ^{b, A}	77.5±0.4 ^{a, A}	<0.001	<0.001
	RM	>0.05	<0.001	<0.001	<0.001		
GSHP x, IU/L	0	19.9±0.6	20.4±0.7 ^B	20.0±0.8 ^D	20.2±0.7 ^D	>0.05	>0.05
	30	19.9±0.5 ^b	21.9±0.4 ^{a, B}	22.1±0.5 ^{a, C}	23.4±0.4 ^{a, C}	<0.001	<0.001
	60	20.1±0.6 ^c	23.3±0.3 ^{b, A}	24±0.3 ^{b, B}	25.8±0.2 ^{a, B}	<0.001	<0.001
	90	20.4±0.5 ^c	23.7±0.4 ^{b, A}	26.3±0.2 ^{a, A}	27.5±0.2 ^{a, A}	<0.001	<0.001
	RM	>0.05	<0.001	<0.001**	<0.001		

Veriler ortalama ± standart hata olarak verilmiştir.

* One-way ANOVA (Gruplar arası karşılaştırmalar için post hoc olarak Tukey testi yapılmıştır.

Ölçüm zamanları arasındaki farklılık tekrarlı ölçüm (RM) analizi ile yapılmıştır.

** Greenhouse-Geisser

Grupların üzerindeki farklı küçük harfler (a-d) aynı satırda bulunan ortalamalar arasındaki farkı gösterir.

Grupların üzerindeki farklı büyük harfler (A-D) aynı sütunda bulunan ortalamalar arasındaki farkı gösterir.

MDA seviyesi başlangıç ölçümü hariç diğer tüm ölçüm zamanlarında doza bağlı olarak azalmıştır ($p<0.001$). 30 ve 60. günlerde en düşük MDA seviyesi B15 grubunda ölçülürken ($p<0.001$), 90. günde B5, B10 ve B15 grupları arasında bir fark tespit edilememiştir ($p>0.05$). Kontrol grubu hariç diğer tüm gruplarda madde

uygulanmasına bağlı olarak MDA seviyelerinde zamanla bir azalış tespit edilmiştir ($p<0.01$).

GSHPx ve CAT seviyesi başlangıç ölçümü hariç diğer tüm ölçüm zamanlarında doza bağlı olarak artmıştır ($p<0.001$). Başlangıç hariç tüm ölçüm zamanlarında B15 grubunun en yüksek CAT seviyesine sahip olduğu tespit edilmiştir ($p<0.001$). Kontrol grubunun GSHPx seviyesi 30. gün ölçümlerinde diğer gruplara göre daha düşük bulunmuştur ($p<0.001$). 90. gün ölçümlerinde B10 ve B15 gruplarının diğer gruplara göre daha yüksek GSHPx seviyesine sahip olduğu belirlenmiştir ($p<0.001$). Kontrol grubu hariç diğer tüm gruplarda madde uygulanmasına bağlı olarak GSHPx ve CAT seviyelerinde zamanla bir artış tespit edilmiştir ($p<0.01$).

6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bor minerali insan, hayvan ve bitkiler için esansiyel bir iz mineral olup, metabolizmada önemli fizyolojik fonksiyonlara sahiptir. Yapılan çalışmalarda Borun enerji metabolizması, mineral metabolizması, endokrin sistem, immun sistem ve beyin fonksiyonlarında önemli görevlerinin olduğu; verimi olumlu yönde etkilediği ve kemik metabolizmasındaki aksaklıkların giderilmesinde etkili olabileceği rapor edilmiştir. Borun kemik gelişimini ve mineralizasyonunu, Ca, P ve Mg metabolizmasını etkilediği ve kemik yapı bozukluklarının tedavisinde etkili olduğu bildirilmiştir.

Atların ergin dönemlerinde sağlıklı bir yarış hayatı ve yüksek performans göstermeleri ancak büyüme dönemlerinde yeterli ve dengeli rasyonlarla beslenmeleri ile mümkündür. Bu dönemde verilen rasyonlar enerji, protein ve makro mineraller (Ca, P, Mg) başta olmak üzere tüm besin maddeleri yönünden dengeli olmalıdır. Özellikle Ca ve P gibi makro mineraller atların kemik gelişimi üzerine önemli etkiler göstermektedir. Atların sıklıkla maruz kaldıkları ortopedik rahatsızlıkların birçoğunun “kalsiyum, fosfor ve magnezyum” metabolizmasında yaşanan aksaklıklar veya yetersizliklere bağlı olarak şekillendiği ifade edilmektedir. Günümüzde daha yaygın olarak “spor” alanlarında kullanılan atların fiziksel ve anatomik olarak daha sağlıklı olabilmelerini sağlamanın yolu, bu metabolizmayı anlayarak ona yönelik uygulamalar yapmaktan geçmektedir. Yapılan çalışmalar ile Bor mineralinin, canlılarda özellikle “kalsiyum, fosfor ve magnezyum” emilimini artırdığı, “yemden yararlanma oranını yükselttiği”, çalışmada kullanılan kemiklerin “daha yüksek basınçlara” maruz bırakıldığında

dayanıklılık oranlarının arttığı ifade edilmektedir.

Yapılan literatür taramasında bor mineralinin hayvanlar üzerindeki etkilerini belirlemeye yönelik farklı hayvan grupları (kanatlı, kemirgen, ruminant) üzerinde birçok çalışmanın yapıldığı ancak tek tırnaklılarda Borun etkilerini belirlemeye yönelik yeterli çalışmanın olmadığı görülmüştür. Bu bağlamda mevcut çalışmada, Safkan Arap Taylarında bor mineralinin kullanımı ve buna bağlı olarak performans (canlı ağırlık artışı, yem tüketimi, yemden yararlanma oranı), mineral metabolizması, antioksidan aktivite ve bazı kan parametreleri üzerine etkisi araştırılmıştır.

6.1.Performans Parametreleri

Deneme gruplarındaki canlı ağırlık artışları karşılaştırıldığında (Tablo 7), deneme sonu canlı ağırlık değerleri en yüksek B15 (288.4 kg) ve B10 (288.1kg) gruplarında tespit edilirken bunları B5 (284.5 kg) ve kontrol grubu (284.5 kg) izlemiştir. Gruplar arası farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Canlı ağırlıklar arasındaki bu farklar her ne kadar gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bulunmasa da, B15 ve B10 gruplarında Kontrol ve B5 gruplarına göre yaklaşık %8'lik bir iyileşme söz konusudur.

Gruplardaki günlük canlı ağırlık artışları incelendiğinde (Tablo 8), deneme süresince günlük canlı ağırlık ortalamaları en yüksek B15 grubunda (567.7 gr) tespit edilirken, bunu sırasıyla B10 grubu (543.3 gr), B5 grubu (512.2 gr) ve kontrol grubu (502.2 gr) izlemiştir ($p=0.013$). Görüldüğü gibi gruplarda doza bağlı olarak linear bir artış söz konusudur. Kontrol grubuyla kıyaslandığında bu artış B5

grubunda yaklaşık %2 düzeyinde gerçekleşirken, B10 grubunda yaklaşık %9, B15 grubunda ise yaklaşık %13 düzeyinde olmuştur.

Yem tüketimi tüm gruplarda birbirine benzer çıkmış (Tablo 8) ve gruplar arasında istatistiksel olarak bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$).

Deneme süresince en iyi yemden yararlanma oranı B15 grubunda (17.0) tespit edilirken, bunu sırasıyla B10 grubu (17.9), kontrol grubu (19.2) ve B5 grubu (19.3) izlemiştir ($p=0.038$) (Tablo 8). Görüldüğü gibi bor ilavesiyle birlikte özellikle B15 ve B10 gruplarında doza bağlı olarak linear bir düşüş (iyileşme) meydana gelmiştir. Kontrol ve B5 gruplarıyla kıyaslandığında bu düşüş B10 grubunda yaklaşık %5, B15 grubunda ise yaklaşık %10 düzeyinde olmuştur. Benzer şekilde B10 grubuyla kıyaslandığında, B15 grubunda ise yaklaşık %5 bir düşüş (iyileşme) mevcuttur.

Performans parametrelerinden olan metakarpal kemik çapı, cidago yüksekliği ve göğüs çevresi ölçümleri tüm gruplarda birbirine benzer çıkmış (Tablo 9) ve gruplar arasında istatistiksel olarak bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$).

Görüldüğü gibi bor minerali ilavesi ile doza bağlı olarak GCAA ve yemden yararlanma oranlarında önemli düzeyde iyileşmelerin olduğu ve en etkili dozun 15 mg/gün/hayvan dozunun olduğu yapılan çalışma ile ortaya konulmuştur. Bu olumlu etki Borun sindirim sistemindeki düzenleyici rolünden (Brown ve ark., 1989), metabolizmada birçok enzimin yapısına girmesinden, enerji metabolizması (Hunt, 1989), kemik (Pizzorno ve ark., 2005; Bhasker ve ark., 2017) ve mineral (Söğüt ve Acar, 2020) metabolizmasındaki olumlu etkilerinden kaynaklanabilir.

Bu konuda farklı hayvan türleri üzerinde yapılan araştırmalarda farklı sonuçlar elde edilmiştir. Konuyla ilgili olarak etlik piliçlerde yürütülen bir çalışmada (Rossi ve ark., 1990), rasyona farklı (0, 20,80,160 ve 320 mg/kg) düzeylerde bor ilave edilmiş, 21 günlük süre sonunda rasyona 320 mg/kg bor katkısı ile yem tüketimi, canlı ağırlık ve ölüm oranının azaldığı, yemden yararlanma oranının ise iyileştiği görülmüştür. Fassani ve ark. (2004) etlik piliçler üzerinde yaptıkları çalışmada, 30 ppm bor alan grubun 140 gram daha az yem tükettiğini ve yemden daha yüksek yararlanma oranı elde ettiklerini bildirmişlerdir. Yine Goihl (2002) tarafından domuzlar üzerinde yapılan çalışmada, bulgularımızı destekler nitelikte bor minerali ilavesi ile daha iyi canlı ağırlık artışı sağlandığı ve yemden yararlanma oranında iyileşmeler olduğu belirtilmiştir.

Yapılan bir başka çalışmada (Eliot ve Edwers, 1992) ise rasyona sırasıyla; 0, 5, 10 ve 20 mg/kg düzeylerinde bor ilavesinin canlı ağırlık artışı ve yemden yararlanma üzerine etkili olmadığı saptanmıştır. Benzer şekilde Rossi ve ark. (1993), yaptıkları çalışmada, etlik piliç rasyonlarında 0, 5, 40, 80, 120 mg/kg bor ilavesi ile 21 gün sonunda canlı ağırlık ve yemden yararlanmanın değişmediğini belirlenmiştir. Bir başka çalışmada ise (Eren ve Uyanık, 2007) yumurta tavuğu rasyonlarına 400 ppm borik asit ilavesinin canlı ağırlık, yem tüketimi ve yumurta verimi üzerine olumsuz etki yaptığı, yemden yararlanma oranını ise etkilemediği belirtilmiştir. Yıldız ve ark., (2011), bor katkısı ile araştırma süresince ortalama canlı ağırlık, canlı ağırlık artışı ve yemden yararlanma oranı bakımından kontrol ve deneme grupları arasında istatistiksel açıdan bir farklılık oluşmadığı rapor edilmiştir. Aksine Elhashmi ve ark. (2011) tarafından devekuşlarında yapılan çalışmada ise bor takviyesinin tibianın büyüme ve gelişimini olumlu etkilediği, tibia

korteks kalınlığını anlamlı derecede artırdığı rapor edilmiştir.

Elde edilen bu araştırma sonuçlardaki farklılıkların çalışmaların yapıldığı ortam şartları, bakım koşulları ve katkı miktarlarının farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

6.2.Kan Parametreleri

6.2.1. Serum Glikoz, Kolesterol ve Triglicerid Düzeyleri

Serum glikoz, kolesterol ve triglicerid düzeylerine bakıldığında (Tablo 10), her üç parametrede de doza bağlı olarak düşüşler görülse de bu düşüşler istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Her üç parametrede, atlar için belirlenen normal referans değerleri sınırları içinde kalmıştır.

Deneme sonunda en yüksek glikoz düzeyi kontrol grubunda (96.0 mg/dL) tespit edilirken, bunu B5 (91.1 mg/dL), B10 (87.4 mg/dL) ve B15 (85.6 mg/dL) grupları takip etmiştir. Görüldüğü gibi, kontrol grubuyla kıyaslandığında deneme gruplarında bor ilavesi ile doza bağlı olarak serum glikoz düzeyi düşme eğilimi göstermiştir. akır ve ark. (2017) yapmış oldukları çalışmada, bor ilavesi ile glikoz seviyelerinde anlamlı düzeyde azalmalar tespit ettiklerini rapor etmişlerdir. Bor ilavesi ile serum glikoz düzeyindeki düşüşün, Borun glikozun yapısında yer alan “hidroksil grubu” ile kompleks oluşturmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Demirdğn, 2020). Aksine, Bakken ve Hunt (2003) yaptıkları çalışmada, bor takviyesinin glikoz konsantrasyonunda herhangi bir değişiklik meydana getirmediğini bildirmişlerdir.

Deneme sonunda en yüksek kolesterol düzeyi kontrol grubunda (73.1 mg/dL) tespit edilirken, bunu B5 (67.0 mg/dL), B10 (65.8 mg/dL) ve B15 (65.8 mg/dL) grupları takip etmiştir. Glikoz seviyesinde olduğu gibi burada da, kontrol grubuyla kıyaslandığında deneme gruplarında bor ilavesi ile doza bağlı olarak serum kolesterol düzeyi düşme eğilimi göstermiştir. Benzer durum serum trigliserid düzeyi içinde geçerlidir. Nitekim, yapılan çalışmalarda bulgularımızı destekler nitelikte, rasyona bor katkısının etlik piliçlerde serum kolesterol ve trigliserid düzeyini düşürdüğü rapor edilmiştir (Eren ve ark.,2012; Eren ve Uyanık 2007; Hall ve ark., 1989; Cakır ve ark. 2017). Bazı çalışmalarda ise bor katkısının serum kolesterol ve trigliserit düzeyini etkilemediği bildirilmiştir (Yıldız ve ark., 2011; Kurtoğlu ve ark., 2005; Green ve Fernando, 1994). Aksine rasyona bor ilavesinin serum kolesterol düzeyini artırdığına dair çalışmalar da mevcuttur (Eren ve ark., 2006).

6.2.2. Serum AST (Aspartat Aminotransferaz) , ALT (Alanin Aminotransferaz) ve ALP(Alkalen Fosfataz) Düzeyleri

Alanin aminotransferaz (ALT) aspartat aminotransferaz (AST) ve alkalen fosfataz (ALP), karaciğer sitoplazmasında ve mitokondride dağıtılan en önemli enzimlerdir. Bu enzimlerin düzeylerindeki yükseklik genellikle karaciğer hücre hasarının göstergesi olarak kabul edilmektedir (Anurag ve ark., 2013). Normal şartlarda bu enzimlerin serumdaki aktiviteleri düşüktür. Ancak hepatoselüler hasar sonrası bu enzimlerin yavaş yavaş kana karıştığı ileri sürülmektedir (Ezhilarasan, 2018).

Çalışma süresince farklı ölçüm zamanlarında gruplar arasında serum AST, ALT ve ALP seviyeleri farklılık göstermemiştir (Tablo 11). Benzer şekilde bu parametrelerde doza bağlı olarak da istatistiksel bir farklılık tespit edilmemiştir. Ancak, 90. gün ölçümlerinde serum ALP düzeyinde kontrol grubuyla kıyaslandığında deneme gruplarında bor ilavesi ile doza bağlı olarak istatistiksel düzeyde önemli olmasa da bir düşme eğilimi söz konusudur. Nitekim, Ince ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada, karaciğer hasarı oluşturulan ve 7 gün boyunca farklı dozlarda uygulanan bor takviyesinin serum AST, ALT ve ALP düzeylerini anlamlı şekilde azalttığını rapor etmişlerdir. Bizim çalışmamızda bu etkinin belirgin bir şekilde görülmemesi, atların uygun ve konforlu bir ortamda barındırılması ve uygulanan dozların atlar gibi canlı ağırlığı fazla olan hayvanlar için yetersiz kalabileceği düşünülmektedir.

6.2.3 Serum Ca(Kalsiyum), P(Fosfor), Mg(Magnezyum) ve B(Bor) Düzeyleri

Serum Ca, P, Mg ve B düzeyleri incelendiğinde (Tablo 12), serum P ve Mg seviyeleri farklı ölçüm zamanlarında gruplar arasında bir değişiklik göstermemiştir. Aynı şekilde 60. güne kadar olan ölçümlerde serum Ca seviyelerinde anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. Ancak 90. günde yapılan karşılaştırmada, serum Ca seviyesinin Kontrol grubuna göre B15 grubunda anlamlı bir artış gösterdiği belirlenmiştir. Diğer gruplarda da doza bağlı olarak linear bir artış söz konusudur. Serum bor düzeylerine bakıldığında, serum B düzeyi doza bağlı olarak linear bir artış sergilemiştir ($p<0.001$). Kontrol grubu hariç diğer tüm gruplarda bor uygulamasıyla birlikte zamana bağlı olarak bor seviyesi artmıştır ($p<0.001$). En

yüksek B düzeyi B15 grubunda tespit edilirken, bunu sırasıyla B10, B5 ve Kontrol grupları izlemiştir.

Bor; vücuttaki kalsiyum, fosfor, magnezyum ve D vitamini emilimini dengeler. Eksikliğinde, bu minerallerin dengesinde ve emiliminde azalma ve plazmadaki konsantrasyonlarında değişiklik olur (Söğüt ve Acar, 2020). Bor alımının, kandaki iyonize kalsiyum miktarını artırdığı belirtilmiştir (Nielsen, 1990). Bir başka çalışmada, magnezyum eksikliği olan civcivlerde uygulanan Borun, yetersiz magnezyum alımından kaynaklanan anormallikleri azalttığı, ardışık bor takviyesinin plazma kalsiyum ve magnezyum yoğunluğunu artırdığı bildirilmiştir (Hunt, 1989). Yine buzağılar üzerinde yürütülen bir çalışmada (Sing ve ark., 2021), hayvanlara verilen Borun serum kalsiyum seviyesini doza bağlı olarak yükselttiği rapor edilmiştir. Benzer şekilde, Hegsted ve ark. (1991), D vitamini eksikliği olan farelere 2.72 ppm B takviyesi sonrasında Ca ve P'nin emiliminde ve tutulmasında artış olduğunu belirtmişlerdir. Yine yapılan çalışmalarda, B takviyesinden sonra ineklerde (Kabu ve ark., 2013) ve bufalolarda (Sharma ve ark., 2020) serum Ca ve Mg konsantrasyonunda iyileşmeler görüldüğü rapor edilmiştir. Ayrıca, Park ve ark. (2004) ve Capati ve ark. (2016), kültürlenmiş osteoblastik hücrelere B takviyesinden (0.1 mM) sonra, Ca^{2+} + akışı için L-tipi Ca^{2+} + kanalını ve Na^{+}/K^{+} -ATPaz'ı modüle ederek memeli osteoblastik hücrelerinde proliferasyonu ve farklılaşmayı doğrudan uyardığını bildirmişlerdir. Ca^{2+} akışı tüm bu sinyalleşme basamakları osteoblast proliferasyonu ve farklılaşmasında önemli rol oynamaktadır (Xiao ve ark., 2000; Amaar ve ark., 2005). Brown ve ark. (1989) ise, koyunların bazal rasyonuna B

eklenmesinin, kontrol grubuna göre bağırsak Ca emilim katsayısında %63'lük daha fazla artışa yol açtığını belirtmişlerdir.

Bununla birlikte, B'nin serum Mg ve P seviyeleri üzerindeki etkisi tutarsızdır; bazı çalışmalar olumlu bir etki bildirirken (Kurtoğlu ve ark., 2001; Kurtoğlu ve ark., 2002), bazıları ise B takviyesinin bu özellikler üzerinde hiçbir etkisinin olmadığını rapor etmişlerdir (Basoglu ve ark., 2017; Eren ve ark., 2004; Bozkurt ve ark., 2012).

Yukarıda çalışmalarda da belirtildiği gibi, hayvanlara bor takviyesi ile elde edilen daha yüksek serum kalsiyum (Ca) seviyeleri, Borun, hayvanlarda D3 vitamini durumunu iyileştiren ve bağırsaktan kalsiyum (Ca) emilimini daha da artıran mikrozomal enzimlerle etkileşiminden kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Pizzorno ve ark., 2005; Bhasker ve ark., 2017).

Yine tabloda (tablo 12) görüldüğü gibi, hayvanlara verilen günlük B miktarı artıkça, serum B miktarında da linear bir artış meydana gelmiştir. Yapılan birçok çalışmada bulgularımızı destekler nitelikte, rasyona ilave edilen B miktarı artıkça, serum B miktarında artışı rapor edilmiştir (Çınar ve ark., 2015; Çakır ve ark., 2018; Duydu ve ark., 2023).

6.2.4 Serum Kortizol, Parathormon, Kalsitonin ve Osteokalsin Düzeyleri

Serum kortizol düzeyi incelendiğinde (Tablo 13), çalışma sonunda yapılan ölçümlerde kortizol seviyelerinde kontrol grubuna göre B10 ve B15 gruplarında anlamlı bir artış tespit edilmiştir. Ayrıca kortizol seviyesi doza bağlı olarak lineer bir artış eğilimi göstermiştir. Benzer şekilde yapılan bir çalışmada, hayvanlara

verilen Borun serum kortizol düzeyini yükselttiği rapor edilmiştir (Devirian ve Volpe, 2003).

Serum parathormun (PTH) düzeylerine bakıldığında (Tablo 13), gruplarda hem doza bağlı hem de zamana bağlı olarak herhangi bir anlamlı artış tespit edilmemiştir. Fakat elde edilen bulguların aksine, Sharma ve ark. (2022) yaptıkları çalışmada, bor takviyesi alan mandalarda, bor ilavesi yapılmayan gruba göre parathormon seviyesinin daha düşük olduğunu rapor etmişlerdir. Benzer şekilde, Ismail (2022) tarafından ratlar üzerinde yürütülen çalışmada, bor ilavesi olan grupta parathormon seviyesinde anlamlı bir azalma olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan bir diğer çalışmada ise, bor takviyesinin serum PTH düzeyini etkilemediği rapor edilmiştir (Sing ve ark., 2021).

Serum kalsitonin düzeyi incelendiğinde (Tablo 13), 30. günde B15 grubu diğer gruplara göre daha yüksek kalsitonin seviyesine sahipken, 60. ve 90. günlerde ise B10 ve B15 gruplarının diğer gruplara göre daha yüksek kalsitonin seviyesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Başlangıç ölçümü hariç tüm ölçüm zamanlarında kalsitonin seviyesi doza bağlı bir artış göstermiştir. Kalsitonin seviyesi B10 ve B15 gruplarında zamana bağlı olarak da anlamlı bir artış göstermiştir. Bulgularımızı destekler nitelikte, Ismail (2022) tarafından ratlar üzerinde yapılan çalışmada, bor takviyesi yapılan grupta kalsitonin seviyesinin arttığı bildirilmiştir. Sing ve ark. (2021) tarafından buzağılar üzerinde yapılan bir çalışma ise, bor takviyesinin serum kalsitonin seviyesini etkilemediğini rapor etmişlerdir.

Osteokalsin seviyesinde sadece 90. gün ölçümlerinde gruplar arasında istatistiksel olarak bir farklılık görülmüş ve doza bağlı olarak linear bir artış sergilemiştir. Kontrol grubu hariç diğer tüm gruplarda bor uygulamasıyla birlikte

zamana bağılı olarak osteokalsin seviyesi artmıştır. Farklı türler üzerinde yapılan çalışmalarda da bulgularımızı destekler nitelikte sonuçlar elde edilmiştir. Nitekim, Ying ve ark. (2011) insanlar üzerinde yaptıkları çalışmada, bor takviyesi alan gruptaki insanların osteokalsin seviyelerinin anlamlı şekilde arttığını tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Hakki ve ark. (2010) tarafından yapılan ve bor mineralinin kemik sağlığı üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmada, osteokalsin düzeyinin bor minerali ilave edilen grupta anlamlı şekilde arttığını rapor etmişlerdir. Yine buzağılar üzerinde yürütülen bir çalışmada, serum osteokalsin düzeyinin bor takviyesi ile doza bağılı olarak arttığı belirtilmiştir (Sing ve ark., 2021). Yapılan in vitro bir çalışmada, 1000 ng/mL'ye kadar B takviyesinin, MC3T3-E1 hücrelerinde osteokalsin, kollajen tip I (COL I) ve osteopontin (OPN) gibi osteoblastik fonksiyon için mineralizasyonla ilişkili genlerin mRNA ekspresyonlarını arttırdığını rapor etmişlerdir (Hakki ve ark., 2013). Yukarıdaki bulguların aksine, Armstrong ve Spears (2001) söz konusu parametreler açısından domuzların üreme ve büyüme evreleri sırasında 15 ppm'ye kadar B takviyesinden etkilenmediğini bildirmişlerdir.

6.2.5. Serum Vitamin D₃ Düzeyi

Gruplardaki vitamin D₃ düzeyine bakıldığında (Tablo 14), gruplar arasında istatistiksel anlamda bir farklılık tespit edilmese de, deneme gruplarında doza bağılı olarak bir artış söz konusudur. Deneme sonunda en yüksek vitamin D₃ düzeyleri B10 (52.7) ve B15 (52.4) gruplarında tespit edilirken, bunu B5 grubu (51.3) ve kontrol grubu (45.6) izlemiştir. Görüldüğü gibi gruplarda doza bağılı olarak lineer bir artış söz konusudur. Kontrol grubuyla kıyaslandığında deneme gruplarında

yaklaşık %13-15 düzeyinde bir artış söz konusudur.

Devirian ve Volpe (2003) tarafından yapılan çalışmada, bor minerali takviyesinin vitamin D₃ metabolizmasını olumlu etkileyebileceği belirtilmiştir. Yine buzağılar üzerinde yürütülen bir çalışmada, serum vitamin D₃ düzeyinin bor takviyesi ile doza bağlı olarak arttığı belirtilmiştir (Sing ve ark., 2021). Bu artış, Borun 25-hidroksivitamin D₃'ü katabolize eden, hayvanlarda D₃ vitamini durumunu iyileştiren ve bağırsaktan Ca emilimini daha da artıran mikrozomal enzimlerle etkileşiminden kaynaklanabilir (Pizzorno ve ark., 2005; Bhasker ve ark., 2017).

6.2.6 Serum MDA(Malondialdehit), Katalaz (CAT) ve GSH-Px (Glutatyon) Düzeyleri

Özellikle stres durumlarında, dokularda mitokondrial reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimi artmaktadır (Kikusatu ve ark., 2016). Hücrelerde biriken ROS; lipidler, proteinler ve DNA gibi moleküllerde geri dönüşümsüz hasara neden olarak hücresel bozukluklara yol açar (Kikusatu ve ark., 2016; Azad ve ark., 2013). Malondialdehit (MDA), lipid peroksidasyonunun ana nihai ürünüdür ve genellikle oksidatif hasarı belirlemek için kullanılır. Katalaz (CAT) ve glutatyon (GSHPx) düzeyleri ise vücudun oksidatif hasarı önlemede vermiş olduğu önemli savunma markerlarıdır.

Mevcut çalışmada bor ilavesi ile doza bağlı olarak serum MDA düzeyi düşerken, serum GSHPx ve CAT seviyeleri doza bağlı olarak yükselmiştir (Tablo 15). Kontrol grubuyla karşılaştırıldığında, serum MDA düzeyinde B5 grubunda

yaklaşık %35, B10 grubunda yaklaşık %40, B15 grubunda ise yaklaşık %45 bir düşüş söz konusudur. Bu da Borun oksidatif hasarı önlemede ne kadar etkili olduğunun önemli bir göstergesidir.

Yine, kontrol grubuyla karşılaştırıldığında, serum CAT düzeyinde B5 grubunda yaklaşık %8, B10 grubunda yaklaşık %12, B15 grubunda ise yaklaşık %28 bir artış söz konusudur. Benzer durum GSHPx içinde geçerlidir. Nitekim, kontrol grubuyla karşılaştırıldığında, serum GSHPx düzeyinde B5 grubunda yaklaşık %14, B10 grubunda yaklaşık %28, B15 grubunda ise yaklaşık %34 bir artış söz konusudur.

Yapılan çeşitli çalışmalarda bulgularımızı destekler nitelikte, Borun hücrelerde indirgenmiş glutatyon miktarını artırarak, oksidatif stresi ve buna bağlı oluşabilecek oksidatif hasarı azalttığı rapor edilmiştir (Ercal ve ark., 2001; İnce ve ark., 2010; Coban ve ark., 2015). Bir diğer çalışmada, abiyotik strese maruz bırakılan sıçanların besinlerine bor ilavesinin, immün ve antioksidan yanıtı artırdığı tespit edilmiştir (Bhasker ve ark., 2016). Kurtoglu ve ark.(2018) farelerle yaptıkları çalışmada, Borun, bazı enzim sistemlerini zayıflatığı, antioksidan savunma mekanizmasını ve diğer biyokimyasal metabolik profili etkileyebileceğini bildirmişlerdir.

Borun karaciğer üzerindeki zararlı etkileri dengeleyerek oksidatif stres parametrelerini değiştirdiği ve karaciğeri normal fonksiyon seviyesine döndürdüğüne dair kanıtlar bulunmaktadır (Pawa ve Ali, 2006). Ayrıca Borun krebs döngüsü, glukoz-alanin döngüsü ve metionin metabolizması üzerinde etkisinin olduğu, bu durumda oksidatif stresi azalttığı belirtilmiştir (Basoglu ve ark., 2011). Bir başka çalışmada bor uygulamasının, antioksidan savunma

mekanizmasını artırarak, farelerde farklı organların yapısını yenileyerek, vücudun çeşitli organlarını koruduğu ifade edilmiştir (Coban ve ark., 2015). Bir başka çalışma da ise, Borun antioksidan enzim aktivitelerini, süperoksit dismutaz ve katalazı desteklediği bildirilmiştir (Scorei ve Rotaru, 2011).

Sonuç olarak, bor mineralinin safkan arap taylarında performansı, mineral metabolizmasını ve antioksidan aktiviteyi olumlu yönde etkilediği ve kullanılan dozlar arasında en etkili dozun 15 mg/gün/hayvan dozunun olduğu tespit edilmiştir. Ancak kullanılan dozların atlar için yetersiz olabileceği, bor mineralinin hedeflenen parametreler üzerine olan etkisinin belirlenebilmesi için daha yüksek dozlarla yapılacak çalışmalara ihtiyaç olduğu, ancak bu şekilde atlar için en uygun dozun belirlenebileceği kanaatine varılmıştır.

7.KAYNAKLAR

1. A.O.A.C. (1980). *Official Methods of Analysis* (13th edition) Association of Official Agricultural Chemist, Washington D.C.
2. Abdelnour, S. A., Abd El-Hack, M. E., Swelum, A. A., Perillo, A., & Losacco, C. (2018). The vital roles of boron in animal health and production: A comprehensive review. *Journal of trace elements in medicine and biology : organ of the Society for Minerals and Trace Elements (GMS)*, 50, 296–304. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2018.07.018>.
3. Amaar, Y. G., Baylink, D. J., & Mohan, S. (2005). Ras-association domain family 1 protein, RASSF1C, is an IGFBP-5 binding partner and a potential regulator of osteoblast cell proliferation. *Journal of bone and mineral research : the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 20(8), 1430–1439. <https://doi.org/10.1359/JBMR.050311>.
4. Anurag, L., Aniket, S., Shalik, J., Amarja, L., Dhananjay, R., & Sachin, J. (2015). Non-alcoholic fatty liver disease prevalence and associated risk factors--A study from rural sector of Maharashtra. *Tropical gastroenterology : official journal of the Digestive Diseases Foundation*, 36(1), 25–30. <https://doi.org/10.7869/tg.241>.
5. Armstrong, T. A., Spears, J. W., Crenshaw, T. D., & Nielsen, F. H. (2000). Boron supplementation of a semipurified diet for weanling pigs improves feed efficiency and bone strength characteristics and alters plasma lipid metabolites. *The Journal of nutrition*, 130(10), 2575–2581. <https://doi.org/10.1093/jn/130.10.2575>.
6. Armstrong, T. A., & Spears, J. W. (2001). Effect of dietary boron on growth performance, calcium and phosphorus metabolism, and bone mechanical properties in growing barrows. *Journal of animal science*, 79(12), 3120–3127. <https://doi.org/10.2527/2001.79123120x>.
7. Aydın, T., Gönen, B., & Eseceli, H. (2018). Bor'un İnsan Sağlığı ve Beslenme Üzerine Etkisi. *SDU Journal of Health Science Institute/SDÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(2).

8. Azad, M. A. K., Kikusato, M., Zulkifli, I., & Toyomizu, M. (2013). Electrolysed reduced water decreases reactive oxygen species-induced oxidative damage to skeletal muscle and improves performance in broiler chickens exposed to medium-term chronic heat stress. *British Poultry Science*, 54(4), 503-509..
9. Bakken, N. A., & Hunt, C. D. (2003). Dietary boron decreases peak pancreatic in situ insulin release in chicks and plasma insulin concentrations in rats regardless of vitamin D or magnesium status. *The Journal of nutrition*, 133(11), 3577–3583. <https://doi.org/10.1093/jn/133.11.3577>.
10. Basoglu,A. and Sevinc,M. and Guzelbektas,H. and Civelek,T., 20013122745, English, Journal article, Australia, 1328-925X, 4, Toowoomba, Online Journal of Veterinary Research, (153–156), *Online Journal of Veterinary Research*, Effect of borax on serum lipid profile in dogs., (2000).
11. Basoglu, A., Sevinc, M., Birdane, F. M., & Boydak, M. (2002). Efficacy of sodium borate in the prevention of fatty liver in dairy cows. *Journal of veterinary internal medicine*, 16(6), 732-735. [https://doi.org/10.1892/0891-6640\(2002\)016](https://doi.org/10.1892/0891-6640(2002)016)
12. Basoglu A., Baspinar N., Ozturk A.S., Akalin .PP. 2011. Effects of long-term boron administration on high-energy diet-induced obesity in rabbits: NMR-based metabonomic evaluation. *Journal Animal and Veterinary Advances* 10(12):1512–1515.
13. Basoglu, A., Baspinar, N., Tenori, L., Vignoli, A., & Gulersoy, E. (2017). Effects of Boron Supplementation on Peripartum Dairy Cows' Health. *Biological trace element research*, 179(2), 218–225. <https://doi.org/10.1007/s12011-017-0971-9>.
14. Bast, A., & Goris, R. J. (1989). Oxidative stress. Biochemistry and human disease. *Pharmaceutisch weekblad. Scientific edition*, 11(6), 199–206. <https://doi.org/10.1007/BF01959411>.
15. Baysal, A. (2013). Magnezyum ve Sağlığımız. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 41(2), 97-98..
16. Bhasker, T. V., Gowda, N. K. S., Mondal, S., Krishnamoorthy, P., Pal, D. T., Mor, A., Pattanaik, A. K. (2016). Boron influences immune and antioxidant responses by modulating hepatic superoxide dismutase activity under calcium deficit abiotic stress in Wistar rats. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 36, 73-79..

17. Bhasker, T. V., Gowda, N. K. S., Pal, D. T., Bhat, S. K., Krishnamoorthy, P., Mondal, S., Pattanaik, A. K., & Verma, A. K. (2017). Influence of boron supplementation on performance, immunity and antioxidant status of lambs fed diets with or without adequate level of calcium. *PloS one*, 12(11), e0187203. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187203>.
18. Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü (BOREN) (01.06.2024) *Bor İle İlgili Genel Bilgiler* <https://boren.tenmak.gov.tr/calisma-alanlari/kullanim-alanlari/>
19. Bozkurt, M., Küçükyılmaz, K., Catlı, A. U., Cınar, M., Cabuk, M., & Bintaş, E. (2012). Effects of boron supplementation to diets deficient in calcium and phosphorus on performance with some serum, bone and fecal characteristics of broiler chickens. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 25(2), 248–255. <https://doi.org/10.5713/ajas.2011.11211>.
20. Brown, T. F., McCormick, M. E., Morris, D. R., & Zeringue, L. K. (1989). Effects of dietary boron on mineral balance in sheep. *Nutrition Research*, 9(5), 503-512..
21. Cakir, S., Eren, M., Senturk, M., & Sarica, Z. S. (2018). The Effect of Boron on Some Biochemical Parameters in Experimental Diabetic Rats. *Biological trace element research*, 184(1), 165–172. <https://doi.org/10.1007/s12011-017-1182-0>
22. Cao, J., Jiang, L., Zhang, X., Yao, X., Geng, C., Xue, X., & Zhong, L. (2008). Boric acid inhibits LPS-induced TNF-alpha formation through a thiol-dependent mechanism in THP-1 cells. *Journal of trace elements in medicine and biology : organ of the Society for Minerals and Trace Elements (GMS)*, 22(3), 189–195. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2008.03.005>.
23. Capati, M. L., Nakazono, A., Igawa, K., Ookubo, K., Yamamoto, Y., Yanagiguchi, K., Kubo, S., Yamada, S., & Hayashi, Y. (2016). Boron Accelerates Cultured Osteoblastic Cell Activity through Calcium Flux. *Biological trace element research*, 174(2), 300–308. <https://doi.org/10.1007/s12011-016-0719-y>.
24. Cheng, J., Peng, K., Jin, E., Zhang, Y., Liu, Y., Zhang, N., Song, H., Liu, H., & Tang, Z. (2011). Effect of additional boron on tibias of African ostrich chicks. *Biological trace element research*, 144(1-3), 538–549. <https://doi.org/10.1007/s12011-011-9024-y>.

25. Coban, F. K., Ince, S., Kucukkurt, I., Demirel, H. H., & Hazman, O. (2015). Boron attenuates malathion-induced oxidative stress and acetylcholinesterase inhibition in rats. *Drug and chemical toxicology*, 38(4), 391–399. <https://doi.org/10.3109/01480545.2014.974109>.
26. Coşkun B., İnal F., İnal Ş. 2019. *Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı Rasyon Programları*. At_V5.05, https://www.selcuk.edu.tr/Birim/Bolum/veteriner-zootekni_ve_hayvan_besleme/15800/rasyon-programlari/51571.
27. Crampton, E. W., & Maynard, L. A. (1938). The relation of cellulose and lignin content to the nutritive value of animal feeds. *the Journal of Nutrition*, 15(4), 383-395..
28. Cakir, S., Eren, M., Senturk, M., & Sarica, Z. S. (2018). The Effect of Boron on Some Biochemical Parameters in Experimental Diabetic Rats. *Biological trace element research*, 184(1), 165–172. <https://doi.org/10.1007/s12011-017-1182-0>.
29. Çınar, M., Küçükylmaz, K., Bozkurt, M., Çatli, A. U., Bintaş, E., Akşit, H., Konak, R., Yamaner, Ç., & Seyrek, K. (2015). Effects of dietary boron and phytase supplementation on growth performance and mineral profile of broiler chickens fed on diets adequate or deficient in calcium and phosphorus. *British poultry science*, 56(5), 576–589. <https://doi.org/10.1080/00071668.2015.1079699>
30. Da Silvia A.G.H., Pires L.V., Cozzolino S.M.F. (2012) . Boro (cap. 33). In: Silvia M. Franciscato Cozzolino. *Biodisponibilidade de Nutrientes*, 4ª ed. Barueri: Manole, (pp. 814-817.)
31. Demirdogen, R. E. (2020). Relationship among blood boron level, diabetes mellitus, lipid metabolism, bone metabolism and obesity: Can boron be an efficient indicator for metabolic diseases. *Health Science. Journal*, 14(1), 1-11.)
32. Demirtaş, A. (2006). Bor bileşikleri ve tarımda kullanımı. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37(1), 111-115..
33. Devirian, T. A., & Volpe, S. L. (2003). The physiological effects of dietary boron. *Critical reviews in food science and nutrition*, 43(2), 219–231. <https://doi.org/10.1080/10408690390826491>.

34. Duydu, Y., Başaran, N., & Bolt, H. M. (2023). What can we learn from epidemiological studies on chronic boron exposure?. *Critical reviews in toxicology*, 53(3), 168–180. <https://doi.org/10.1080/10408444.2023.2222151>.
35. Elliot, M. A., & Edwards, H. M., Jr (1992). Studies to determine whether an interaction exists among boron, calcium, and cholecalciferol on the skeletal development of broiler chickens. *Poultry science*, 71(4), 677–690. <https://doi.org/10.3382/ps.0710677>.
36. Elhashmi Y., Arabi O., Taha T., Eidam O. 2011. Growth and development of muscles, bones and fat of red-necked ostrich (*Struthio camelus camelus*). *Online Journal Animal Feed Resources* 1:417–422.
37. Ercal, N., Gurer-Orhan, H., & Aykin-Burns, N. (2001). Toxic metals and oxidative stress part I: mechanisms involved in metal-induced oxidative damage. *Current topics in medicinal chemistry*, 1(6), 529–539. <https://doi.org/10.2174/1568026013394831>.
38. Eren, M., Uyanik, F., & Küçükersan, S. (2004). The influence of dietary boron supplementation on egg quality and serum calcium, inorganic phosphorus, magnesium levels and alkaline phosphatase activity in laying hens. *Research in veterinary science*, 76(3), 203–210. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2003.11.004>.
39. Eren M., Kocaoglu Güclü B., Uyanık F., Karabulut N. (2006). The effects of dietary boron supplementation on performance, carcass composition and serum lipids in Japanese quails. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, vol. 5 (12): 1105-1108.
40. Eren, M., & Uyanik, F. (2007). Influence of dietary boron supplementation on some serum metabolites and egg-yolk cholesterol in laying hens. *Acta veterinaria Hungarica*, 55(1), 29–39. <https://doi.org/10.1556/AVet.55.2007.1.4>.
41. Eren, M., Uyanık, F., Guclu, B., & Atasever, A. (2012). The influence of dietary boron supplementation on performance, some biochemical parameters and organs in broilers. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7(11)..
42. European Food Safety Authority (EFSA). (2004). *Opinion of the scientific panel on dietetic products, nutrition and allergies on a request from the commission related to the tolerable upper intakelevel of boron (sodium borate and boric acid)*. European Food Safety Authority Journal., 9:1-22.

43. Ezhilarasan D. (2018). Oxidative stress is bane in chronic liver diseases: Clinical and experimental perspective. *Arab journal of gastroenterology : the official publication of the Pan-Arab Association of Gastroenterology*, 19(2), 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.ajg.2018.03.002>.
44. Fassani, É. J., Bertechini, A. G., Brito, J. A. G. D., Kato, R. K., Fialho, E. T., & Geraldo, A. (2004). Boron supplementation in broiler diets. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 6, 213-217..
45. Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior research methods*, 39(2), 175-191..
46. Fort, D. J., Stover, E. L., Strong, P. L., Murray, F. J., & Keen, C. L. (1999). Chronic feeding of a low boron diet adversely affects reproduction and development in *Xenopus laevis*. *The Journal of nutrition*, 129(11), 2055–2060. <https://doi.org/10.1093/jn/129.11.2055>.
47. Gaffney-Stomberg E. (2019). The Impact of Trace Minerals on Bone Metabolism. *Biological trace element research*, 188(1), 26–34. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1583-8>.
48. Garip M. (2011) At Yetiştiriciliği. Yazar E. *At Yetiştiricilik, Tedavi, Anestezi, Viral Aşılar, Klinik Besleme*. (1-13) Nobel Tıp Kitapevleri.
49. Goihl J. 2002. More research needed on boron supplementation of swine diets. *Feedstuffs* 74(4):10–27.
50. Goldbach, H. E., & Wimmer, M. A. (2007). Boron in plants and animals: is there a role beyond cell-wall structure?. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170(1), 39-48..
51. Góth L. (1991). A simple method for determination of serum catalase activity and revision of reference range. *Clinica chimica acta; international journal of clinical chemistry*, 196(2-3), 143–151. [https://doi.org/10.1016/0009-8981\(91\)90067-m](https://doi.org/10.1016/0009-8981(91)90067-m).
52. Green, N. R., & Ferrando, A. A. (1994). Plasma boron and the effects of boron supplementation in males. *Environmental health perspectives*, 102 Suppl 7(Suppl 7), 73–77. <https://doi.org/10.1289/ehp.94102s773>.

53. Hakki, S. S., Bozkurt, B. S., & Hakki, E. E. (2010). Boron regulates mineralized tissue-associated proteins in osteoblasts (MC3T3-E1). *Journal of trace elements in medicine and biology : organ of the Society for Minerals and Trace Elements (GMS)*, 24(4), 243–250. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2010.03.003>.
54. Hakki, S. S., Dundar, N., Kayis, S. A., Hakki, E. E., Hamurcu, M., Kerimoglu, U., Baspinar, N., Basoglu, A., & Nielsen, F. H. (2013). Boron enhances strength and alters mineral composition of bone in rabbits fed a high energy diet. *Journal of trace elements in medicine and biology : organ of the Society for Minerals and Trace Elements (GMS)*, 27(2), 148–153. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2012.07.001>.
55. Hakki, S. S., Götz, W., Dundar, N., Kayis, S. A., Malkoc, S., Hamurcu, M., Basoglu, A., & Nielsen, F. H. (2021). Borate and boric acid supplementation of drinking water alters teeth and bone mineral density and composition differently in rabbits fed a high protein and energy diet. *Journal of trace elements in medicine and biology : organ of the Society for Minerals and Trace Elements (GMS)*, 67, 126799. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2021.126799>.
56. Hall, I. H., Spielvogel, B. F., Griffin, T. S., Docks, E. L., & Brotherton, R. J. (1989). The effects of boron hypolipidemic agents on LDL and HDL receptor binding and related enzyme activities of rat hepatocytes, aorta cells and human fibroblasts. *Research communications in chemical pathology and pharmacology*, 65(3), 297–317.
57. Hawes, J. E., Tesic, D., Whitehouse, A. J., Zosky, G. R., Smith, J. T., & Wyrwoll, C. S. (2015). Maternal vitamin D deficiency alters fetal brain development in the BALB/c mouse. *Behavioural brain research*, 286, 192–200.
58. Hegsted, M., Keenan, M. J., Siver, F., & Wozniak, P. (1991). Effect of boron on vitamin D deficient rats. *Biological trace element research*, 28(3), 243–255. <https://doi.org/10.1007/BF02990471>.
59. Hunt, C. D., Shuler, T. R., & Nielsen, F. H. (1983). Effect of boron on growth and mineral metabolism. In 4. *Spurenelement-Symposium der Karl-Marx-Universität Leipzig und der Friedrich-Schiller-Universität Jena: vom 4. bis 7. Juli 1983 im Hotel Schwarzer Bär in*

Jena (DDR)/Herausgeber, M. Anke...[et al.]. Jena: Wissenschaftsbereich Tierernährungsschemie der Karl-Marx-Universität Leipzig, 1983.

60. Hunt, C. D. (1989). Dietary boron modified the effects of magnesium and molybdenum on mineral metabolism in the cholecalciferol-deficient chick. *Biological trace element research*, 22, 201-220.
61. Hunt, C. D., & Herbel, J. L. (1991). Boron affects energy metabolism in the streptozotocin-injected, vitamin D3-deprived rat. *Magnesium and trace elements*, 10(5-6), 374–386..
62. Hunt, C. D., Herbel, J. L., & Idso, J. P. (1994). Dietary boron modifies the effects of vitamin D3 nutrition on indices of energy substrate utilization and mineral metabolism in the chick. *Journal of bone and mineral research : the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 9(2), 171–182. <https://doi.org/10.1002/jbmr.5650090206>.
63. Hunt C. D. (1998). Regulation of enzymatic activity: one possible role of dietary boron in higher animals and humans. *Biological trace element research*, 66(1-3), 205–225. <https://doi.org/10.1007/BF02783139>.
64. Hunt C. D. (2012). Dietary boron: progress in establishing essential roles in human physiology. *Journal of trace elements in medicine and biology : organ of the Society for Minerals and Trace Elements (GMS)*, 26(2-3), 157–160. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2012.03.014>.
65. Hunter, J. M., Nemzer, B. V., Rangavajla, N., Biță, A., Rogoveanu, O. C., Neamțu, J., Scorei, I. R., Bejenaru, L. E., Rău, G., Bejenaru, C., & Mogoșanu, G. D. (2019). The Fructoborates: Part of a Family of Naturally Occurring Sugar-Borate Complexes- Biochemistry, Physiology, and Impact on Human Health: a Review. *Biological trace element research*, 188(1), 11–25. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1550-4>.
66. IBM Corp. Released 2013. *IBM SPSS Statistics for Windows*, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp.
67. Ince, S., Kucukkurt, I., Cigerci, I. H., Fatih Fidan, A., & Eryavuz, A. (2010). The effects of dietary boric acid and borax supplementation on lipid peroxidation, antioxidant activity, and DNA damage in rats. *Journal of trace elements in medicine and biology : organ of the*

- Society for Minerals and Trace Elements (GMS)*, 24(3), 161–164.
<https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2010.01.003>.
68. Ince, S., Keles, H., Erdogan, M., Hazman, O., & Kucukkurt, I. (2012). Protective effect of boric acid against carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity in mice. *Drug and chemical toxicology*, 35(3), 285–292. <https://doi.org/10.3109/01480545.2011.607825>.
 69. Ismail H. T. H. (2022). Toxic effects of excess exposure to boric acid on serum biochemical aspect, hematology and histological alterations and ameliorative potential role of melatonin in rats. *Saudi journal of biological sciences*, 29(10), 103425. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.103425>.
 70. Kabu, M., & Civelek, T. (2012). Effects of propylene glycol, methionine and sodium borate on metabolic profile in dairy cattle during periparturient period. *Revue de Medecine Veterinaire*, 163(8), 419..
 71. Kabu, M., & Akosman, M. S. (2013). Biological effects of boron. *Reviews of environmental contamination and toxicology*, 225, 57–75. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6470-9_2.
 72. Kabu, M., Birdane, F. M., Civelek, T., & Uyarlar, C. (2013). Affects of boron administration on serum Ca, Mg and P of peripartum Cows. *Archives Animal Breeding*, 56(1), 733-741.
 73. Kabu, M., Uyarlar, C., Zarczynska, K., Milewska, W., & Sobiech, P. (2015). The role of boron in animal health. *Journal of Elementology*, 20(2)..
 74. Kawamura, S. (2011). Criteria for clinical biochemistry. *Textbook of Veterinary Internal Medicine, Large Animal Practice*, Bun-Eido Publishing Co, Ltd, Tokyo, 331-336.
 75. Khaliq, H., Jing, W., Ke, X., Ke-Li, Y., Peng-Peng, S., Cui, L., Wei-Wei, Q., Zhixin, L., Hua-Zhen, L., Hui, S., Ju-Ming, Z., & Ke-Mei, P. (2018). Boron Affects the Development of the Kidney Through Modulation of Apoptosis, Antioxidant Capacity, and Nrf2 Pathway in the African Ostrich Chicks. *Biological trace element research*, 186(1), 226–237. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1280-7>.
 76. Kikusato, M., Nakamura, K., Mikami, Y., Mujahid, A., & Toyomizu, M. (2016). The suppressive effect of dietary coenzyme Q₁₀ on mitochondrial reactive oxygen species

- production and oxidative stress in chickens exposed to heat stress. *Animal science journal* = *Nihon chikusan Gakkaiho*, 87(10), 1244–1251. <https://doi.org/10.1111/asj.12543>.
77. Kılıç, A. M., Kılıç, Ö., Andaç, İ., & Çelik, A. G. (2009, October). Boron mining in Turkey, the marketing situation and the economical importance of Boron in the World IV. In *International boron symposium, Eskişehir-TURKEY* (pp. 15-17)..
 78. 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. *Research in veterinary science*, 71(3), 183–187. <https://doi.org/10.1053/rvsc.2001.0517..>
 79. Kurtoglu V., Kurtoglu F., Coskun B., Seker E., Balevi T., Cetingul I.S. (2002). Effects of boron supplementation on performance and some serum biochemical parameters in laying hens, *Y. Revue de m'edecine v'et'erinaire* 153, 823–828.
 80. Kurtoğlu, F., Kurtoğlu, V., Celik, I., Keçeci, T., & Nizamlioğlu, M. (2005). Effects of dietary boron supplementation on some biochemical parameters, peripheral blood lymphocytes, splenic plasma cells and bone characteristics of broiler chicks given diets with adequate or inadequate cholecalciferol (vitamin D3) content. *British poultry science*, 46(1), 87–96. <https://doi.org/10.1080/00071660400024001>.
 81. Kurtoglu, V., Kurtoglu, F., & Akalin, P. P. (2018). The effects of various levels of boron supplementation on live weight, plasma lipid peroxidation, several biochemical and tissue antioxidant parameters of male mice**: Effects of boron on performance, antioxidant and some metabolites of mice. *Journal of trace elements in medicine and biology : organ of the Society for Minerals and Trace Elements (GMS)*, 49, 146–150. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2018.05.013>.
 82. Kuru R., Yarat A. (2017) . Boron and a current overview of its effects on health. *Clinical and Experimental Health Sciences.*, 7(3):107-14.
 83. Lawrence R., Burk R. 1976. Glutathione peroxidase activity in selenium-deficient rat liver. *Biochemical and Biophysical Research Communications (BBRC)*. 71(4): 952-958.
 84. McCarty, K. F., Mills, M. J., Medlin, D. L., & Friedmann, T. A. (1994). Comment on "Growth and characterization of epitaxial cubic boron nitride films on silicon". *Physical*

review. *B, Condensed matter*, 50(12), 8907–8910.
<https://doi.org/10.1103/physrevb.50.8907>.

85. Miljkovic, D., Scorei, R. I., Cimpoiășu, V. M., & Scorei, I. D. (2009). Calcium fructoborate: plant-based dietary boron for human nutrition. *Journal of dietary supplements*, 6(3), 211–226. <https://doi.org/10.1080/19390210903070772>.
86. Mogoșanu, G. D., Biță, A., Bejenaru, L. E., Bejenaru, C., Croitoru, O., Rău, G., Rogoveanu, O. C., Florescu, D. N., Neamțu, J., Scorei, I. D., & Scorei, R. I. (2016). Calcium Fructoborate for Bone and Cardiovascular Health. *Biological trace element research*, 172(2), 277–281. <https://doi.org/10.1007/s12011-015-0590-2>.
87. Newnham R. E. (1991). Agricultural practices affect arthritis. *Nutrition and health*, 7(2), 89–100. <https://doi.org/10.1177/026010609100700204>.
88. Nielsen, F. H., Hunt, C. D., Mullen, L. M., & Hunt, J. R. (1987). Effect of dietary boron on mineral, estrogen, and testosterone metabolism in postmenopausal women. *FASEB journal : official publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology*, 1(5), 394–397..
89. Nielsen F. H. (1990). Studies on the relationship between boron and magnesium which possibly affects the formation and maintenance of bones. *Magnesium and trace elements*, 9(2), 61–69..
90. Nielsen, F. H. (1996). Evidence for the nutritional essentiality of boron. *The Journal of Trace Elements in Experimental Medicine: The Official Publication of the International Society for Trace Element Research in Humans*, 9(4), 215-229.
91. Nielsen F.H. 1997. Boron in human and animal nutrition. *Plant Soil* 193:199–208.
92. Özbeyaz C. (2019) At Yetiştiriciliği. Yarsan E. *At Hekimliği* (19-52) Güneş Tıp Kitapevleri
93. Pan, H. B., Zhao, X. L., Zhang, X., Zhang, K. B., Li, L. C., Li, Z. Y., Lam, W. M., Lu, W. W., Wang, D. P., Huang, W. H., Lin, K. L., & Chang, J. (2010). Strontium borate glass: potential biomaterial for bone regeneration. *Journal of the Royal Society, Interface*, 7(48), 1025–1031. <https://doi.org/10.1098/rsif.2009.0504>.
94. Park, M., Li, Q., Shcheynikov, N., Zeng, W., & Muallem, S. (2004). NaBC1 is a ubiquitous electrogenic Na⁺ -coupled borate transporter essential for cellular boron homeostasis and

- cell growth and proliferation. *Molecular cell*, 16(3), 331–341.
<https://doi.org/10.1016/j.molcel.2004.09.030>.
95. Pawa, S., & Ali, S. (2006). Boron ameliorates fulminant hepatic failure by counteracting the changes associated with the oxidative stress. *Chemico-biological interactions*, 160(2), 89–98. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2005.12.002>.
 96. Pizzorno L. (2015). Nothing Boring About Boron. *Integrative medicine (Encinitas, Calif.)*, 14(4), 35–48..
 97. Placer, Z. A., Cushman, L. L., & Johnson, B. C. (1966). Estimation of product of lipid peroxidation (malonyl dialdehyde) in biochemical systems. *Analytical biochemistry*, 16(2), 359–364. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(66\)90167-9](https://doi.org/10.1016/0003-2697(66)90167-9).
 98. Rondanelli, M., Faliva, M. A., Peroni, G., Infantino, V., Gasparri, C., Iannello, G., Perna, S., Riva, A., Petrangolini, G., & Tartara, A. (2020). Pivotal role of boron supplementation on bone health: A narrative review. *Journal of trace elements in medicine and biology : organ of the Society for Minerals and Trace Elements (GMS)*, 62, 126577. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2020.126577>.
 99. Rossi, A. F., Bootwalla, S. M., & Miles, R. D. (1990). Boron and riboflavin addition to broiler diets. *Poultry Science*, 69(Suppl. 1), 187..
 100. Rossi, A. F., Miles, R. D., Damron, B. L., & Flunker, L. K. (1993). Effects of dietary boron supplementation on broilers. *Poultry science*, 72(11), 2124–2130. <https://doi.org/10.3382/ps.0722124>.
 101. Rowe, R. I., & Eckhert, C. D. (1999). Boron is required for zebrafish embryogenesis. *The Journal of experimental biology*, 202 (Pt 12), 1649–1654. <https://doi.org/10.1242/jeb.202.12.1649>.
 102. Scorei, R. I., & Rotaru, P. (2011). Calcium fructoborate--potential anti-inflammatory agent. *Biological trace element research*, 143(3), 1223–1238. <https://doi.org/10.1007/s12011-011-8972-6>.
 103. Sharma, A., Mani, V., Pal, R. P., Sarkar, S., & Datt, C. (2020). Boron supplementation in peripartum Murrah buffaloes: The effect on calcium homeostasis, bone metabolism, endocrine and antioxidant status. *Journal of trace elements in medicine and biology : organ*

- of the Society for Minerals and Trace Elements (GMS), 62, 126623.
<https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2020.126623>.
104. Singh, A. K., Kewalramani, N., Mani, V., Sharma, A., Kumari, P., & Pal, R. P. (2021). Effects of boric acid supplementation on bone health in crossbred calves under tropical condition. *Journal of trace elements in medicine and biology : organ of the Society for Minerals and Trace Elements (GMS)*, 63, 126647.
<https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2020.126647>.
105. Sinmez Ç.Ç., Yaşar A. (2019) Türk Atçılık ve Biniciliğinin Dünya Medeniyetine Katkıları. Yarsan E. *At Hekimliği* (1-18) Güneş Tıp Kitapevleri
106. SÖĞÜT, Ö., & ACAR, O. (2020). Bor ve sağlık. *Journal of Literature Pharmacy Sciences*, 9(1), 11-17..
107. Şehu A. (2019) Spor Atlarının Beslenmesi. Yarsan E. *At Hekimliği* (261-280) Güneş Tıp Kitapevleri
108. Takasu, M., Nagatani, N., Tozaki, T., Kakoi, H., Maeda, M., Murase, T., & Mukoyama, H. (2013). Hematological and biochemical reference values for the endangered kiso horse. *Journal of equine science*, 24(4), 75–78. <https://doi.org/10.1294/jes.24.75>.
109. Yenmez N. (2011). "Stratejik Bir Maden Olarak Bor Minerallerin Türkiye İçin Önemi". *Coğrafya Dergisi*. 59-94.
110. Yeşilbağ D. 2008. The use of boron in animal nutrition. *Uludağ University Journal Faculty Veterinary Medicine*. 27(1-2):61-8.
111. Yildiz, G., BH, K., & Sizmaz, O. (2011). Rasyonlara ilave edilen maya ve borik asidin broylerlerde performans, karkas ve bazı kan parametreleri üzerine etkisi. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(3)..
112. Ying, X., Cheng, S., Wang, W., Lin, Z., Chen, Q., Zhang, W., Kou, D., Shen, Y., Cheng, X., Rompis, F. A., Peng, L., & Zhu Lu, C. (2011). Effect of boron on osteogenic differentiation of human bone marrow stromal cells. *Biological trace element research*, 144(1-3), 306–315. <https://doi.org/10.1007/s12011-011-9094-x>
113. Xiao, G., Jiang, D., Thomas, P., Benson, M. D., Guan, K., Karsenty, G., & Franceschi, R. T. (2000). MAPK pathways activate and phosphorylate the osteoblast-specific transcription

factor, Cbfa1. *The Journal of biological chemistry*, 275(6), 4453–4459.
<https://doi.org/10.1074/jbc.275.6.4453>.

114. World Health Organization (WHO). (1998). *International Programme on Chemical Safety*.
Environmental Health Criteria 204 Boron. Geneva: World Health Organization; p.192.



8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: İsmail Çağrı YILMAZ	
Program/Anabilim Dalı: Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları A.D.	
Eğitim Bilgileri	
Yüksek Lisans: T.C. Fırat Üniversitesi Veteriner Fakültesi	
Lisans: T.C. Fırat Üniversitesi Veteriner Fakültesi	
Araştırma Deneyimi	
1	Microsoft Office
İş Deneyimi	
1	2019-.... : TİGEM Sultansuyu Tarım İşletmesi At Islahı ve Yetiştiriciliği ŞB.
2	2017-2019: Özel Sektör Büyükbaş Çiftliği Sorumlu Veteriner Hekim
Akademik Eserler Listesi	
No	Yazar(lar), Tarih, Eser Adı, Eser künyesi
1	Akköse, Mehmet; Karabulut, Eren; Yılmaz, İsmail Ç; Dik, Çağdaş; İnal, Şeref; Özbeyaz, Ceyhan; Çam, Mustafa; Çınar, Elif Merve; Orakçı, Durmuş; Durmaz, Murat Evaluation of refractometry methods for estimating passive immunity status in neonatal foals. <i>Journal of Immunological Methods</i> Volume 510, November 2022 https://doi.org/10.1016/j.jim.2022.113359