

**T.C.**  
**AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ**  
**SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**HAYVAN BESLEME VE BESLENME HASTALIKALRI**  
**DOKTORA PROGRAMI**

**L-ARJİNİN'İN *IN OVO* ENJEKSİYONU VE RASYONA  
İLAVESİNİN ETLİK PİLİÇLERDE BÜYÜME  
PERFORMANSI, GÖĞÜS ETİ KALİTESİ VE BAĞIŞIKLIK  
SİSTEMİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

**EHSAN KARIMIYAN KHAMSEH**  
**DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMAN**

**Prof. Dr. Özcan CENGİZ**

**İKİNCİ DANIŞMAN**

**Doç. Dr. Elif BABACANOĞLU ÇAKIR**

Bu tez Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından VTF-23013 proje numarası ile desteklenmiştir.

**AYDIN-2025**

## KABUL VE ONAY

T.C. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı Doktora Programı çerçevesinde Ehsan KARIMIYAN KHAMSEH tarafından hazırlanan “L-Arjinin’in *In Ovo* Enjeksiyonu ve Rasyona İlavesinin Etlik Piliçlerde Büyüme Performansı, Göğüs Eti Kalitesi ve Bağışıklık Sistemi Üzerine Etkileri” başlıklı tez, aşağıdaki jüri tarafından Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 07/02/2025

	<b>Unvanı, Adı ve Soyadı</b>	<b>Üniversitesi</b>	
Üye	Prof. Dr. Özcan CENGİZ (Tez Danışmanı)	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	.....
Üye	Prof. Dr. Levent KARAGENÇ	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	.....
Üye	Prof. Dr. Pınar SAÇAKLI	Ankara Üniversitesi	.....
Üye	Doç. Dr. Ömer SEVİM	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	.....
Üye	Doç. Dr. Eren KUTER	Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi	.....

### ONAY:

Bu tez Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun görülmüş ve Sağlık Bilimleri Enstitüsünün ..... tarih ve ..... sayılı oturumunda alınan ..... nolu Yönetim Kurulu kararıyla kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Süleyman AYPAK

Enstitü Müdürü

## TEŞEKKÜR

Bu tez sürecinde bana destek olan ve rehberlik eden birçok kişiye en içten teşekkürlerimi sunmak istiyorum.

Öncelikle, lisansüstü çalışmalarımı sürdürme fırsatını bana verdiği için danışman hocamım Prof. Dr. Özcan CENGİZ'e derin minnettarlığımı ifade etmek isterim. Onun paha biçilmez rehberliği, bilimsel uzmanlığı ve sürekli teşviki, bu uzun akademik yolculuğun zorluklarını aşmamda büyük rol oynamıştır. Aynı şekilde, bu tez çalışmasının ikinci danışmanım Doç. Dr. Elif BABACANOĞLU ÇAKIR'a titiz rehberliği ve sarsılmaz desteği için de içtenlikle teşekkür ederim.

Çalışma grubumdaki arkadaşlarıma (Dr. Ercan KARAKUZULU, Onur ÖRTLEK, Sera Naz ULUTAŞ, Furkan DURMAZ, Tufan BİTER, Necati GÜRELLİ ve Selahattin TÜRKOĞLU) süreç boyunca verdikleri nazik yardımları ve iş birliği için içten teşekkür ederim. Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı'ndaki akademik kadroya (Prof. Dr. Ahmet Gökhan ÖNOL, Prof. Dr. Bülent ÖZSOY, Doç. Dr. Ömer SEVİM ve Dr. Öğr. Üyesi Onur TATLI) öğrencilik sürecim boyunca verdikleri koşulsuz destek için minnettarım. Ayrıca, Prof. Dr. Hüsnü Erbay BARDAKÇIOĞLU ve Prof. Dr. Mustafa AKŞİT'e de sürekli destekleri ve rehberlikleri için teşekkür ederim.

Jüri üyelerine de yapıcı önerileri ve tezimi değerlendirmek için ayırdıkları zaman için içten teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, ebeveynlerim Dr. Aboualfazl KARIMIYAN KHAMSEH ve Rafat ANVAR'a, eşim Fatemeh ALİZADEH'e ve kızım Yasna'ya verdikleri sarsılmaz destek ve anlayış için en derin minnettarlığımı ifade etmek isterim. Onların özverili yardımları ve teşvikleri, bu doktora çalışmasını tamamlamamı sağlayan en önemli dayanak noktalarımın biri olmuştur. Sevgileri ve destekleri, her zaman ilerlemem için en büyük motivasyonum olacaktır.

# İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY .....	i
TEŞEKKÜR .....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	vii
RESİMLER DİZİNİ .....	viii
TABLolar DİZİNİ .....	ix
ÖZET .....	xi
ABSTRACT .....	xiii
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	3
2.1. Kanatlılarda İskelet Kasları .....	3
2.1.1. İskelet Kasının Yapısı .....	4
2.1.2. İskelet Kasının Gelişimi .....	6
2.2. Kanatlı Eti Kalitesi .....	7
2.3. Ticari Etlik Piliç Yetiştiriciliğinde Beyaz Çizgi Oluşumu .....	10
2.3.1. Göğüs Kasında Beyaz Çizgi Oluşum ve Görülme Sıklığı .....	10
2.3.2. Beyaz Çizginin Etkileri .....	12
2.3.2.1. Göğüs Kasında Histo-Patolojik Değişiklikler .....	13
2.3.2.2. Göğüs Etinde Besin Madde Bileşiminde Değişiklikleri .....	14
2.3.2.3. Göğüs Eti Kalite Parametrelerine ilişkin Değişiklikler .....	15
2.3.3. Beyaz Çizgi Oluşumunu Etkileyen Etmenler .....	16
2.4. Beyaz Çizgi oluşumuna Karşı Beslenme Yaklaşımları .....	18
2.5. <i>In Ovo</i> Besleme .....	21

2.6. Arjinin .....	21
2.6.1. Arjinin'in Kimyasal Yapı ve Fizyokimyasal Özellikleri .....	22
2.6.2. Arjinin Metabolizması .....	23
2.6.3. Arjinin'in Kanatlı Beslemede Önemi .....	23
2.6.3.1. Arjinin'in Büyüme Performansı Üzerine Etkisi .....	24
2.6.3.2. Arjinin'in Bağışıklık Sistemi Üzerine Etkisi .....	25
2.6.3.3. Arjinin'in Göğüs Eti Kalitesi Üzerine Etkisi .....	26
2.7. Hipotez .....	27
3. GEREÇ VE YÖNTEM .....	28
3.1. Gereç .....	28
3.1.1. Hayvan Materyali .....	28
3.1.2. Çalışma Rasyonları .....	28
3.2. Yöntem .....	30
3.2.1. Çalışma Deseni ve Grupları .....	30
3.2.2. Yumurtaların İnkübasyonu .....	30
3.2.3. <i>In Ovo</i> Besleme Solüsyonları ve Uygulanması .....	31
3.2.4. Çıkım Gününde Yapılan Ölçüm ve Prosedürler .....	33
3.2.5. Hayvanların Genel Bakımı .....	34
3.2.6. Büyüme Performansı .....	34
3.2.7. Kesim .....	34
3.2.8. Karkas Özellikleri ve Lenfoid Organ Ağırlıkları .....	35
3.2.9. Göğüs Eti Kalitesinin Belirlenmesi .....	35
3.2.9.1. pH .....	35
3.2.9.2. Renk .....	35
3.2.9.3. Su Tutma Kapasitesi .....	36
3.2.9.4. Pişirme Kaybı .....	36

3.2.10. Göğüs Etinin Kimyasal Bileşimi .....	36
3.2.11. Kan Örneklerinin Alınması ve Serum Trigliserit, Nitrik Oksit ve İmmünoglobulin G Düzeylerinin Belirlenmesi .....	37
3.2.12. Göğüs Kasında Beyaz Çizgi Skorlanması .....	37
3.2.13. İstatistiksel Analizler .....	38
4. BULGULAR .....	39
4.1. İnkübasyon Parametreleri .....	39
4.2. Çıkımda Cıvciv ve Oransal Organ Ağırlıkları .....	39
4.3. Büyüme Performansı .....	40
4.3.1. Canlı Ağırlık .....	40
4.3.2. Canlı Ağırlık Artışı .....	42
4.3.3. Yem Tüketimi .....	44
4.3.4. Yemden Yararlanma Oranı .....	46
4.4. Ölüm Oranı .....	48
4.5. Karkas Özellikleri ve Oransal Lenfoid Organ Ağırlıkları .....	48
4.6. Göğüs Eti Kalitesi .....	50
4.6.1. Kesim Sonrası 24. Saatte Göğüs Eti Kalitesi .....	50
4.6.2. Kesim Sonrası 48. Saatte Göğüs Eti Kalitesi .....	50
4.7. Göğüs Etinin Kimyasal Bileşimi .....	53
4.8. Serum Trigliserit, Nitrik Oksit ve İmmünoglobulin G Düzeyleri .....	55
4.9. Göğüs Kasında Beyaz Çizgilenme Görülme Sıklığı ve Şiddeti .....	57
5. TARTIŞMA .....	58
5.1. İnkübasyon Parametreleri .....	58
5.2. Çıkımda Oransal Organ Ağırlıkları .....	59
5.3. Büyüme Performansı .....	62
5.3.1. Erken Dönemdeki Büyüme .....	62

5.3.2. Sonraki Dönemde Büyüme .....	64
5.4. Ölüm Oranı .....	67
5.5. Karkas Özellikleri ve Lenfoid Organ Ağırlıkları .....	68
5.6. Göğüs Eti Kalitesi .....	69
5.7. Göğüs Etinin Kimyasal Bileşimi .....	71
5.8. Serum Trigliserit, Nitrik Oksit ve İmmünoglobulin G Düzeyleri .....	72
5.9. Göğüs Kasında Beyaz Çizgilenme Görülme Sıklığı ve Şiddeti .....	73
6. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	75
KAYNAKLAR .....	77
EKLER .....	95
Ek 1 (ADÜ-HADYEK) .....	95
BİLİMSEL ETİK BEYANI .....	96
ÖZ GEÇMİŞ .....	97

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<b>Arj</b>	: Arjinin
<b>BÇ</b>	: Beyaz çizgi
<b>CA</b>	: Canlı ağırlık
<b>g</b>	: Gram
<b>İgG</b>	: İmmünoglobulin G
<b>kg</b>	: Kilogram
<b>kkal</b>	: Kilokalori
<b>a*</b>	: Kırmızılık
<b>mm<sup>2</sup></b>	: Milimetre kare
<b>NO</b>	: Nitrik oksit
<b>SEM</b>	: Ortalama standart hata
<b>L*</b>	: Parlaklık
<b>°C</b>	: Santigrat derece
<b>cm</b>	: Santimetre
<b>b*</b>	: Sarılık
<b>STK</b>	: Su tutma kapasitesi
<b>TG</b>	: Trigliserit
<b>YYO</b>	: Yemden yararlanma oranı
<b>YT</b>	: Yem tüketimi
<b>%</b>	: Yüzde

## RESİMLER DİZİNİ

<b>Resim 1.</b>	İskelet kasının şematik yapısı .....	5
<b>Resim 2.</b>	L-arjinin'in moleküler yapısı .....	22
<b>Resim 3.</b>	Çalışmada <i>in ovo</i> besleme uygulaması; A) Enjeksiyon bölgesinin dezenfeksiyonu, B) Yumurta kabuğunun delinmesi, C) Amniyon sıvısına çözelti enjeksiyonu, D) Eritilmiş parafin ile deliğin kapatılması .....	33

## TABLULAR DİZİNİ

<b>Tablo 1.</b>	Ticari etlik piliçlerin göğüs etinde beyaz çizgi oluşumu azaltmaya yönelik beslenme çalışmaları .....	20
<b>Tablo 2.</b>	Beslenme dönemlerine göre bazal rasyonların kompozisyonu (doğal halindeki) .....	29
<b>Tablo 3.</b>	Çalışma rasyonlarına katılan L-arjinin miktarlar ve uygulamasına ilişkin bilgiler .....	29
<b>Tablo 4.</b>	Çalışma deseni ve grupları .....	30
<b>Tablo 5.</b>	<i>In ovo</i> çözeltileri ve uygulamasına ait ayrıntılar .....	32
<b>Tablo 6.</b>	Kuluçka döneminde <i>in ovo</i> beslemenin inkübasyon parametreleri üzerine etkilerine ait ortalama oranlar .....	39
<b>Tablo 7.</b>	Çıkım gününde <i>in ovo</i> beslemenin ortalama civciv ve oransal organ ağırlıkları üzerine etkilerine ait ortalama değerler .....	40
<b>Tablo 8.</b>	Büyütmenin farklı günlerinde (0, 10, 24, 39, 47. günler) çalışma gruplarına ait canlı ağırlık (g/piliç), ve L-arjinin'in <i>in ovo</i> ve rasyonla verilmesinin etkilerine ait ortalama değerler .....	41
<b>Tablo 9.</b>	Büyütmenin farklı dönemlerinde (0-10, 11-24, 25-39, 40-47, ve 0-47. günler) çalışma gruplarına ait canlı ağırlık artışı (g/piliç), ve L-arjinin'in <i>in ovo</i> ve rasyonla verilmesinin etkilerine ait ortalama değerler .....	43
<b>Tablo 10.</b>	Büyütmenin farklı dönemlerinde (0-10, 11-24, 25-39, 40-47, ve 0-47. günler) çalışma gruplarına ait yem tüketimi (g/piliç), ve L-arjinin'in <i>in ovo</i> ve rasyonla verilmesinin etkilerine ait ortalama değerler .....	45
<b>Tablo 11.</b>	Büyütmenin farklı dönemlerinde (0-10, 11-24, 25-39, 40-47, ve 0-47. günler) çalışma gruplarına ait yemden yararlanma oranı (g:g), ve L-arjinin'in <i>in ovo</i> ve rasyonla verilmesinin etkilerine ait ortalama değerler .....	47
<b>Tablo 12.</b>	Büyütme döneminde etlik piliçlerin ölüm oranı (%) üzerine L-arjinin'in <i>in ovo</i> ve rasyonla verilmesinin etkilerine ait oranlar ( $n=432$ ) .....	48

## TABLULAR DİZİNİ

<b>Tablo 13.</b>	Kesimde çalışma gruplarına ait etlik piliçlerin karkas özellikleri ve oransal Lenfoid organ ağırlığı (%), ve L-arjinin'in <i>in ovo</i> ve rasyonla verilmesinin etkilerine ait ortalama değerler ve oranlar .....	49
<b>Tablo 14.</b>	Kesim sonrası 24. saatte çalışma gruplarına ait göğüs eti kalitesi, ve L-arjinin'in <i>in ovo</i> ve rasyonla verilmesinin etkilerine ait ortalama değerler ve oranlar .....	51
<b>Tablo 15.</b>	Kesim sonrası 48. saatte çalışma gruplarına ait göğüs eti kalitesi, ve L-arjinin'in <i>in ovo</i> ve rasyonla verilmesinin etkilerine ait ortalama değerler .	52
<b>Tablo 16.</b>	Çalışma gruplarına ait göğüs etinin kimyasal kompozisyonu, ve L-arjinin'in <i>in ovo</i> ve rasyonla verilmesinin etkilerine ait ortalama oranlar (%) .....	54
<b>Tablo 17.</b>	Çalışma gruplarına ait serum trigliserit, nitrik oksit immünoglobulin G düzeyleri, ve L-arjinin'in <i>in ovo</i> ve rasyonla verilmesinin etkilerine ait ortalama değerler .....	56
<b>Tablo 18.</b>	Çalışma gruplarının göğüs kasında beyaz çizginin farklı skorlarına ait say ve oranlar, ve toplam görülme sıklığı .....	57

## ÖZET

### L-ARJİNİN'İN *IN OVO* ENJEKSİYONU VE RASYONA İLAVESİNİN ETLİK PİLİÇLERDE BÜYÜME PERFORMANSI, GÖĞÜS ETİ KALİTESİ VE BAĞIŞIKLIK SİSTEMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

**Karimiyan Khamseh E. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Programı, Doktora Tezi, Aydın, 2025.**

**Amaç:** Bu çalışmada etlik piliçlerde L-arjinin (L-Arj)'in *in ovo* besleme (*IOB*) ve rasyona ilavesinin kuluçka performansı, embriyo gelişimi, büyüme performansı, göğüs eti kalitesi ile bazı bağışıklık parametreleri, serum trigliserit ve nitrik oksit (NO) düzeylerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

**Gereç ve Yöntem:** Toplam 780 kuluçkalık yumurta, Ross 308 et tipi damızlık sürüsünden toplanarak kuluçkaya yatırıldı. Kuluçkanın 17,5. gününde yumurtaların 1/3'üne tuz ile *IOB* (pozitif kontrol), sonraki 1/3 bölümüne L-Arj ile *IOB* uygulanmış ve kalan 1/3'üne ise *IOB* uygulanmıştır (negatif kontrol). Çıkım sonrası 432 adet civciv altı gruba dağıtılmıştır. Büyütme boyunca (47 gün), bu grupların yarısı bazal yem ile beslenmiş ve diğer yarsına L-Arj katkılı rasyon hazırlanmıştır.

**Bulgular:** Çalışmada, kuluçka grupları arasında kuluçka randımanı, civciv ve dalak ağırlıkları değişmemişken, L-Arj ile *IOB* grubunda kalp ve bursa Fabricius ağırlıklarında artış saptanmıştır ( $p<0,001$ ). Büyüme performansı parametreleri üzerine L-Arj katkısının bazı dönem aralıklarında etkileri önemli bulunmasına rağmen 0-47. günlerde gruplar arasında fark gözlenmemiştir. Ölüm oranı, L-Arj ile *IOB* grubunda azalmıştır ( $p=0,0009$ ). Kesimde, çalışma uygulamaları oransal organ ağırlıkları ve göğüs etinin kimyasal bileşimi üzerinde herhangi bir farklılık oluşturmazken, sıcak karkas randımanı ( $p<0,01$ ), abdominal yağının düzeyi ( $p<0,05$ ), göğüs etinde 24. saatte göğüs etinin kırmızılık ( $a^*$ ;  $p<0,05$ ), pH ( $p<0,001$ ), pişirme kaybı ( $p<0,01$ ), ayrıca 48. saatteki parlaklık ( $L^*$ ;  $p<0,05$ ) ve pH değerleri üzerine olumlu etkileri olmuştur. Ayrıca, rasyona L-Arj ilavesi serumda trigliserit ve NO düzeylerini artırmıştır ( $p<0,01$ ). Göğüs etinde beyaz çizgi oluşumu ve şiddeti bakımından gruplar arasında farklılık bulunmamıştır.

**Sonuç:** Bu çalışmadan elde edilen bulgular doğrultusunda etlik genotipine ait embriyoların gelişim ve çıkımdan sonra civcivlerin büyüme dönemlerinin her ikisinde de L-Arj katkısıyla beslenmelerinin büyüme performansı, göğüs eti kalitesi ve bağışıklık sistemi üzerine olumlu etkileri olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Etlik piliç, L-arjinin, *in ovo* besleme, büyüme performansı, göğüs eti kalitesi, bağışıklık sistemi

## ABSTRACT

### THE EFFECTS OF *IN OVO* AND/OR DIETARY L-ARGININE ADMINISTRATION ON GROWTH PERFORMANCE, BREAST MEAT QUALITY AND IMMUNE SYSTEM IN BROILER CHICKENS

**Karimiyan Khamseh E. Aydın Adnan Menderes University, Health Sciences Institute, Animal Nutrition and Nutritional Diseases Program, Doctorate Thesis, Aydın, 2025.**

**Objective:** The present study aimed to investigate the effects of *in ovo* feeding (*IOF*) and/or dietary L-arginine (L-Arg) supplementation on incubation performance, embryonic development, growth performance, breast meat quality, selected immune parameters, and serum triglyceride and nitric oxide (NO) levels in broiler chickens.

**Materials and Methods:** A total of 780 fertile eggs were collected from a Ross 308 meat-type parent stock and incubated. On day 17.5 of incubation, one-third of the eggs received *IOF* with saline (positive control), another one-third received *IOF* with L-Arg, and the remaining one-third received no *IOF* (negative control). A total of 432 out of hatched chicks were distributed into six groups. Throughout the growth period (47 days), half of these groups were fed a basal diet, while the other half received a ration supplemented with L-Arg.

**Results:** However, incubation parameters, chick, and spleen weights at hatch did not differ among incubation groups, *IOF* with L-Arg increased heart and bursa of Fabricius weights ( $p < 0.001$ ). While the treatments showed significant effects on growth performance parameters during certain phases, no differences were observed over the 0–47 days. *IOF* with L-Arg decreased mortality rate ( $p = 0.009$ ). The study treatments were not affect the relative organ weights and breast meat chemical composition, however they had positive effects on carcass yield ( $p < 0.01$ ), abdominal fat ( $p < 0.05$ ), 24-hour breast meat redness ( $a^*$ ;  $p < 0.05$ ), pH ( $p < 0.001$ ), cooking loss ( $p < 0.01$ ), and 48-hour breast meat lightness ( $L^*$ ;  $p < 0.05$ ) and pH values. Dietary L-Arg supplementation also increased serum triglyceride and NO levels ( $p < 0.01$ ). No differences were found among groups concerning white striping incidence and severity in breast meat.

**Conclusion:** The study concluded that supplementing L-Arg during the embryonic and growth stages in broiler chickens has beneficial effects on growth performance, breast meat quality, and immune system.

**Keywords:** Broiler chicken, L-arginine, *in ovo* feeding, growth performance, breast meat quality, immune system

# 1. GİRİŞ

Son birkaç on yılda, küresel hayvansal et talebinde sürekli bir artış gözlenmiştir. Bu artışın başlıca nedenleri, insan nüfusunun artışı ve sosyoekonomik gelişmelerdir (Rask ve Rask, 2011). Bu bağlamda, diğer et türlerine kıyasla, kanatlı eti en hızlı büyüyen sektörlerden biri olmuştur. Küresel istatistikler, 1960'tan bu yana sürekli artan kanatlı etine talep neticesinde, günümüzde sığır ve domuz etine kıyasla daha fazla tercih edildiğini ortaya koymaktadır (OECD/FAO, 2023). Kanatlı etinin küresel gıda güvenliğindeki önemini anlamak için, farklı kültürler, gelenekler ve dinler arasında geniş çapta tüketildiğini göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Ayrıca, uygun fiyatlı olması, kolay hazırlana bilirliliği, genellikle yumuşak bir dokuya sahip olması, yüksek protein ve düşük yağ içeriği gibi özellikleri de popülerliğine katkı sağlamaktadır (Baéza ve diğerleri, 2022). Aynı zamanda kanatlı eti, insan topluluklarında sosyoekonomik koşulların ve eğitim seviyesinin gelişmesi sonucu daha sürdürülebilir ve sağlıklı beslenme alışkanlıklarına artan yönelimi desteklemek için uygun bir çözüm sunabilir.

Kuttappan ve diğerleri (2016)'na göre, tüketiciler tavuk göğüs etini karkasın diğer parçalarına kıyasla daha yüksek oranda tercih etmektedir. Bu talebi karşılamak üzere yapılan genetik seleksiyon programlar sayesinde, modern etlik piliç hibritlerinde göğüs eti verimi 1950'lerdeki değerlere göre yaklaşık 3,5 kat daha yüksek olup (Schmidt ve diğerleri, 2009), bu oranı daha da artırmaya yönelik çalışmalar devam etmektedir (Ferreira ve diğerleri, 2014). Ancak, son 30 yılda yüksek göğüs eti verimine sahip hibritlerin sektöründeki büyüme, göğüs eti bozukluklarının görülme sıklığını artırmıştır (Petracci ve diğerleri, 2015). Günümüz modern etlik piliç endüstrisindeki en önemli sorunlardan biri, göğüs kas lifleri arasında beyaz çizgilerin oluşmasıyla karakterize edilen beyaz çizgi (BÇ) problemidir (Kuttappan ve diğerleri, 2016). Göğüs etinde BÇ oluşumu, etin genel kalite özelliklerini olumsuz etkileyerek, tüketici talebinin azalmasına (Petracci ve Cavani, 2012) ve etin işlene bilirliliğinin gerilemesine yol açarak ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Kuttappan ve diğerleri, 2016; Mudalal ve diğerleri, 2015; Petracci ve diğerleri, 2013).

Beyaz çizgi oluşumunda, göğüs kas dokusundaki kılcal damarların işlevselliğinin bozulduğundan kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Bilgili, 2015). Göğüs etinde görülen BÇ'nin etiyolojisi henüz tam olarak açıklığa kavuşturulmamıştır (Petracci ve diğerleri, 2019).

Ancak araştırmalar, rasyonda enerji:protein düzeyleri (Kuttappan ve diğerleri, 2012a), yem kısıtlaması (Trocino ve diğerleri, 2015), yaş (Kuttappan ve diğerleri, 2017a), cinsiyet (Kuttappan ve diğerleri, 2013a) ve genetik yapı (Petracci ve diğerleri, 2013) gibi faktörlerin bu bozukluğun görülme sıklığının etkilediğini bildirilmiştir. Bu bağlamda, göğüs etinde BÇ oluşumunu önlemeye veya azaltmaya yönelik, farklı bakış açılarıyla ele alınan araştırmalar aktif olarak devam etmektedir.

Embriyonik dönemde, hızlı büyüyen ticari hatların genetik potansiyeli nedeniyle metabolizma hızları artmış ve bu da daha yüksek beslenme ihtiyaçlarına yol açmıştır. Bu değişen beslenme ihtiyaçlarının karşılanamaması, embriyo gelişimi, kuluçka randımanı, civciv kalitesi ve kuluçka sonrası performans gibi parametreleri olumsuz etkiler (Karageili ve Karadaş, 2017). Bu doğrultuda, embriyo gelişimini desteklemek amacıyla *in ovo* besleme (*IOB*) gibi yenilikçi stratejilerin uygulanması gerekmektedir. Bilimsel alışmalar, *IOB*'nin kanatlı üretiminde sürü sağlığı (Gao ve diğerleri, 2017a; Nayak ve diğerleri, 2022), büyüme performansı (Gao ve diğerleri, 2017b; Gao ve diğerleri, 2018a; Nayak ve diğerleri, 2022) ve et kalitesi (Lu ve diğerleri, 2022; Tavaniello ve diğerleri, 2019; Wei ve diğerleri, 2011) gibi çeşitli alanlarda fayda sağladığını göstermektedir.

Bu alışma, L-arjinin (L-Arj) katkısının (*IOB* ve rasyon yoluyla) büyüme performans parametrelerini olumlu yönde etkileyebileceği ve bağışıklık sistemini güçlendirebileceği hipotezine dayanmaktadır. Ayrıca, L-Arj katkısıyla güçlü bir vazodilatör (damar genişletici) olan endojen nitrik oksit (NO)  retimini artırarak göğüs kasındaki kan dolaşımını iyileştirmesi beklenmiştir. Bu nedenle, L-Arj'nin *IOB* ve rasyona ilavesinin, etlik piliçlerde hem büyüme performansını ve bağışıklık sistemini iyileştirme hem de göğüs eti kalitesini olumsuz etkileyen BÇ'nin görülme sıklığı ve/veya şiddetini azaltma açısından etkili olma potansiyeline sahip olabileceği düşünülmektedir.

## 2. GENEL BİLGİLER

Kanatlı eti, özellikle de piliç eti endüstrisi, yoğun genetik seleksiyon programları sayesinde önemli gelişmeler kaydetmiş ve istenilen özelliklere sahip ticari etlik piliç hatlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu özellikler başlıca hızlı büyüme, artan göğüs kası miktarı ve iyileştirilmiş yemden yararlanma oranı (YYO)'nı içermektedir. Örneğin, 1957 ile 2005 yılları arasında yapılan genetik seleksiyon çalışmaları, etlik piliçlerin büyüme hızında %400'lük bir artışa, YYO'nda %50'lik bir azalmaya, ve daha büyük göğüs kası ve daha düşük abdominal yağı gibi gelişmiş karkas özelliklerine yol açmıştır (Zuidhof ve diğerleri, 2014). Genetik ilerlemelerin yanı sıra, uygun beslenme ve bakım-yönetim uygulamaları da etlik piliç endüstrisinde üretkenlik parametrelerini en üst düzeye çıkarmada kritik bir rol oynamaktadır (Havenstein ve diğerleri, 2003).

Modern etlik hibritlerin geliştirilmesi ile birlikte bu hayvanların çevre şartlarına, patojenlere ve metabolik bozukluklara karşı daha duyarlı hale gelmesiyle sonuçlanmıştır. Bu artan duyarlılık, etlik piliç endüstrisi için ekonomik kayıplar, et kalitesi sorunları ve hayvan refahı gerilemesi gibi yeni zorlukları ortaya çıkarmıştır. Örneğin, başlıca göğüs kasını etkileyen bir metabolik bozukluk olan BÇ oluşumu, et kalitesi parametrelerini olumsuz etkileyerek tüketiciler tarafından ürün reddine yol açmakta ve piliç üretiminin kârlılığını azaltmaktadır (Petracci ve Cavani, 2012). Göğüs etinde BÇ gibi et kalitesi kusurlarını azaltmaya yönelik etkili stratejiler geliştirebilmek için, bu kusurların etkilerini ve altında yatan mekanizmaları kapsamlı bir şekilde anlamak gereklidir.

### 2.1. Kanatlılarda İskelet Kasları

İskelet kası, hayvan vücudunun en geniş dokusu olup, hareket ve vücut şekli korunması gibi hayati fizyolojik işlevlerde rol oynar. Özellikle et üretimi için yetiştirilen kanatlılar, büyük ölçüde göğüs ve uyluk kaslarına dayanır (Halevy ve Velleman, 2022). İskelet kasının sağlıklı gelişim ve metabolizması, et üretiminde verim, kalite ve tüketici memnuniyetinin birincil belirleyicisidir. Kesim sonrası, iskelet kası, et kalitesini önemli ölçüde belirleyen bir dizi biyokimyasal süreç ve yapısal değişimden geçer; bu süreç rigor mortis olarak bilinir. Özet olarak, rigor mortis sırasında kas dokusunda depolanan glikojen laktik aside metabolize edilir,

bu da dokuda pH seviyesinde düşüğe (7,2'ten 5,8'e) ve sonuç olarak etin sertleşme derecesi ve diğer kalite parametrelerin belirlenmesinde rol oynar (Dransfield ve Sosnicki, 1999; Petracci ve diğerleri, 2017).

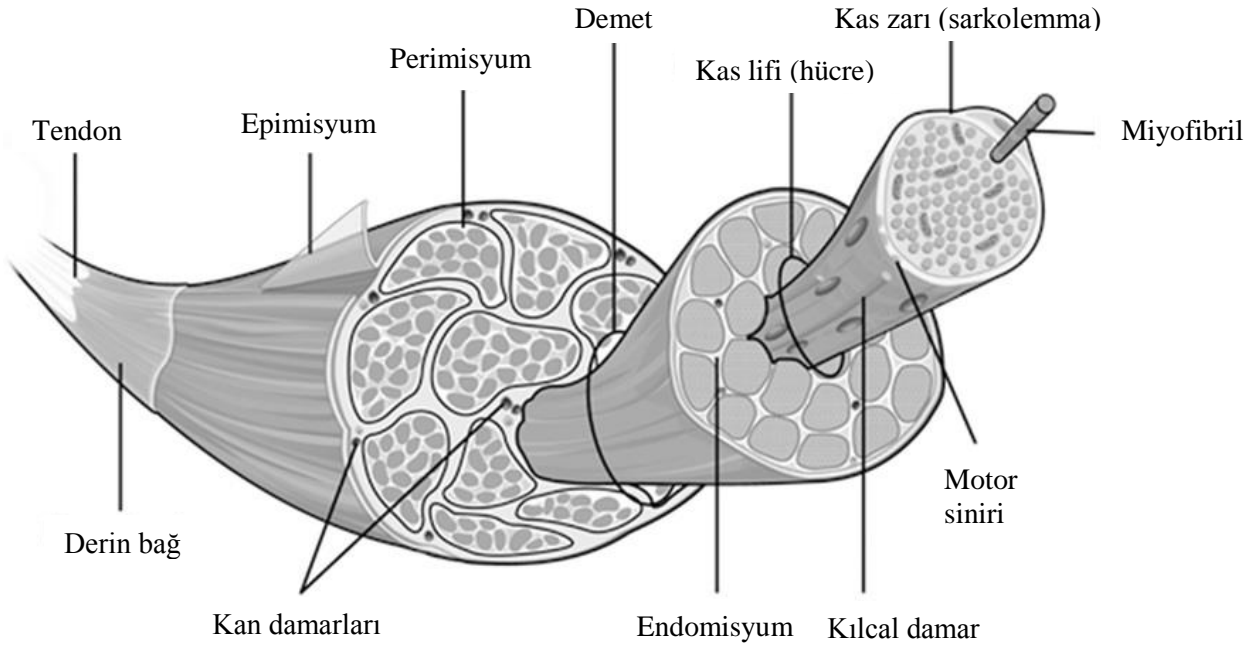
Daha yüksek kârlılık elde etmek amacıyla, kanatlı endüstrisinde yoğun genetik seleksiyon programların yürütülmesi sonucu etlik piliçlerde hızlı canlı ağırlığının artması ve daha büyük göğüs kası hacmi gibi istenilen özelliklere sahip ticari hatların geliştirilmesine yol açmıştır. Kas verimindeki iyileşmeler, özellikle de göğüs kasında, modern etlik piliçlerde canlı ağırlık artışı (CAA)'nın temel katkıda bulunur (Macrae ve diğerleri, 2006). Petracci ve diğerleri (2015)'ne göre, modern etlik hatların göğüs kası verimi yaklaşık %21,1 iken, yavaş gelişen hatlarda bu oran %13,5'dur. Aslında, kas verimindeki artış öncelikle kas liflerinin boyutunun büyümesiyle sağlanırken, lif sayısındaki artış de etkili olabilmektedir (Berri ve diğerleri, 2007). Hızlı gelişen etlik piliçler, genetik olarak yavaş gelişenlere kıyasla göğüs kası liflerinde daha büyük çap genişliğine ve daha düşük lif yoğunluğuna (sayı/mm<sup>2</sup>) sahiptirler (Yalçın ve diğerleri, 2019).

İskelet kası gelişimini, bileşimini ve ürün kalitesini optimize etme çalışmaları, tüketici taleplerini karşılamak ve pazar rekabetini sağlamak açısından hayati öneme sahiptir. Et kalitesini artırma stratejileri, rasyonda bileşim ayarlanması, yem katkı maddelerinin kullanımı, kasın büyümesi ve besin birikiminin optimize edilmesi ile et ürünlerinin duyu özelliklerini iyileştirmeye yönelik bakım-yönetim uygulamalarının uygulanması gibi çok yönlü bir yaklaşımı içermektedir. Bu bağlamda, kanatlılarda iskelet kası fizyolojisinin karmaşıklıklarını bilimsel olarak anlamak, bu stratejileri yönlendirmek ve et kalitesi sonuçlarını en iyi duruma getirmek büyük önem arz etmektedir.

### **2.1.1. İskelet Kasının Yapısı**

Çoğunlukla iğ şeklinde (fusiform) olan iskelet kasları, kendine özgü ve karmaşık yapılarıyla tendonlar aracılığıyla iskelet kemiğine bağlanır (Halevy ve Velleman, 2022). Olgun iskelet kasının temel bağımsız hücresel birimi miyofibril'dir. Çok sayıda miyofibril ve kaç çekirdekli özelliğine sahip kas lifi (kas hücresi), endomisyum olarak adlandırılan bir bağ doku tabakasıyla kaplanmıştır. Birbirinin yanında bulunan kas lifleri ise perimisyum adı verilen başka bir bağ doku tabakasıyla çevrili demetler halinde düzenlenmiştir. Tüm kası

saran daha kalın bir bağ doku tabakası ise epimisyum olarak bilinir. Yukarıda bahsedilen iskelet kasın yapısı Resim 1’de gösterilmiştir.



**Resim 1.** İskelet kasın şematik yapısı (Pien ve diğerleri, 2023).

Kas lifleri, kasılma frekansları, metabolik yolları ve işlevlerine göre üç kategoriye ayrılır (Clark ve Harding, 2017):

- 1) Tip *I*: yavaş kasılan ve aerobik (oksidatif)
- 2) Tip *Ila*: hızlı kasılan ve aerobik (oksidatif)
- 3) Tip *Ilb*: hızlı kasılan ve anaerobik (glikolitik)

Yukarıda belirtilen farklılık dışında kas lifleri arasında renk açısından da varyans gözlenmektedir. Kas liflerinin rengi, miyoglobin seviyeleri ile belirlenir; kırmızı kas lifleri, beyaz kas liflerine kıyasla önemli ölçüde daha yüksek miyoglobin içeriğine sahiptir. Kırmızı lifler aerobik olup daha dar çapa sahiptir ve enerji ihtiyaçlarını glikojen ve yağ asitlerinin oksidatif yıkımıyla karşılar. Ayrıca, bu lifler yüksek derecede yorgunluk direnci gösterir ve artan damarlanma sayesinde hızlı ve yeterli oksijen tedarikini kolaylaştırır (Halevy ve Velleman, 2022). Buna karşın, beyaz kas lifleri (tip *Ilb*), kırmızı kas liflerine kıyasla daha geniş çap (Ashmore ve diğerleri, 1972), düşük miyoglobin ve damar desteğine sahiptir ve enerji ihtiyacını glikojen ve fosfokreatin’in anaerobik metabolizmasıyla karşılayan bu lifler,

kısa süreli hızlı hareketleri sağlar. Ancak düşük yorgunluk direncine sahiptirler (Halevy ve Velleman, 2022).

Hızlı büyüme ve verimli enerji kullanımı için seçilmiş modern ticari etlik piliç hibritleri, göğüs kaslarında (*Pectoralis major* ve *Pectoralis minor*) ağırlıklı olarak tip *IIB* lifleri içerir (Halevy ve Velleman, 2022). Artan büyüme hızı ve et verimi daha büyük kas boyutu ile ilişkilidir (Chen ve diğerleri, 2007). Ayrıca, hızlı büyüme genellikle daha fazla kas lifi sayısı ile bağlantılıdır. Modern etlik piliçlerinin göğüs kasında çapları normal liflere kıyasla 3-5 kat daha büyük olan dev (giant) lifleri içermektedir (Dransfield ve Sosnicki, 1999). Yukarıda bahsedilen yapısal özelliklerin, modern etlik piliçlerin göğüs kasında düşük kılcac damar yoğunluğu ile ilişkili olduğu düşünülmektedir; bu durum, nekroz gelişimine ve et kalitesindeki kusurlara katkıda bulunabilir (Bilgili, 2015).

### 2.1.2. İskelet Kasının Gelişimi

Kas lifinin gelişim ve büyümesi, iki ana süreçle kategorize edilebilir: hiperplazi ve hipertrofi. Hiperplazi, kanatlı embriyogenez sırasında, iskelet kas yapısı mezoderm tabakasında yer alan miyoblastların çoğalmasıyla başlar, ardından bunlar çok çekirdekli miyotüpler oluşturacak şekilde birleşir. Bu miyotüplerin oluşumu, yalnızca miyoblast çoğalmasını değil, aynı zamanda miyoblastların göçünü, yapışmasını ve birleşmesini de içerir (Velleman, 2007). Üç haftalık embriyonik gelişim sürecinde, miyogenez iki ardışık dalga halinde gerçekleşir ve birincil ve ikincil miyotüplerin oluşmasına yol açar. Birincil miyotüpler, embriyonik hayatın 4. ile 7. günleri arasında oluşurken, birincil miyotüpleri yapısal iskelet olarak kullanan ikincil miyotüpler 8. ile 16. günleri arasında oluşur (Al-Musawi ve diğerleri, 2011). Bu miyotüpler daha sonra olgun kas liflerine farklılaşır (Velleman, 2007). Kas lifi sayısı genellikle kuluçka zamanı itibariyle belirlenir ve genetik faktörler, çevresel koşullar ve maternal beslenme tarafından etkilenir (Chen ve diğerleri, 2007; Petracci ve diğerleri, 2015; Velleman, 2007). Araştırmalara göre çıkım öncesi dönemde maternal protein ve amino asit, özellikle arjinin (Arj) ve metiyonin, *IOB*'si et tipi hatların embriyosunda miyoblast çoğalmasını ve lif sayısını olumlu yönde etkilemiştir (Li ve diğerleri, 2021; Liu ve diğerleri, 2020; Lu ve diğerleri, 2022a; Trocino ve diğerleri, 2023; Zuo ve diğerleri, 2020).

Çıkım sonrası kas gelişimi, kas lifi boyutunun artmasına yol açan hipertrofi ile sağlanır. Bu süreç, aktif protein sentezini ve transkripsiyon ve translasyon süreçlerini sürdürebilmek için kas liflerinde DNA içeriğinde bir artışı gerektirir (Velleman, 2007). DNA birikimi, kas liflerinin bazal laminasının altında bulunan, myojenik progenitör hücreler olan uydu hücrelerinden (satellite cells) çekirdeklerin entegrasyonu yoluyla gerçekleşir (Allen ve diğerleri, 1979). Uydu hücreleri, kas yenilenme ve büyümesinde, özellikle erken kuluçka sonrası dönemde merkezi bir rol oynar (Picard ve diğerleri, 2010). Bu hücrelerin aktivasyonu ve mevcut kas liflerine birleşmesi, hızla büyüyen etlik piliçlerde gözlemlenen hipertrofik büyümeyi tetikler. Hipertrofi için kritik öneme sahip olan protein sentezi, kas protein birikimini teşvik etmek için beslenme ve hormonal sinyalleri entegre eden rapamisin mekanistik hedefi (mTOR) sinyal yolu gibi çeşitli moleküler yollarla düzenlenir (Collins ve Partridge, 2005). İnsülin benzeri büyüme faktörü I (IGF-I) eksenini de miyoblast çoğalmasını ve farklılaşmasını uyarmada önemli bir rol oynar (Florini ve diğerleri, 1996).

Protein anabolizması (sentez) ve katabolizması (yıkım) arasındaki denge, kas kütlesini belirler. Modern etlik piliçlerde hızlı büyümeye yönelik yapılan genetik seleksiyon, artan anabolik potansiyel ve azalmış protein dönüşüm hızlarına yol açarak kas birikimini artırmıştır (Dransfield ve Sosnicki, 1999). Ancak, bu hızlı büyüme aynı zamanda metabolik stres yaratır; bu durum uygun şekilde yönetilmezse, hayvanın refahını ve kas bütünlüğünü tehlikeye atabilir (Bowker ve Zhuang, 2016). Modern etlik piliçlerde aşırı hipertrofi, BÇ, odunumsu göğüs ve düşük et kalitesi gibi kas anormallikleriyle ilişkilendirilmiştir (Petracci ve diğerleri, 2019). Son araştırmalar, amino asit optimizasyonu ve biyolojik aktif bileşenlerin dahil edilmesi gibi rasyon müdahalelerinin, kas büyümesini modüle etme ve büyüme ile ilgili kas bozukluklarını hafifletme potansiyelini vurgulamıştır (Zhang ve diğerleri, 2023). Bu bulgular, etlik piliç üretiminde genetik, beslenme ve bakım-yönetim stratejilerini birleştirerek kas gelişimini optimize etmenin, aynı zamanda hayvan sağlığını ve ürün kalitesini korumanın önemini vurgulamaktadır.

## **2.2. Kanatlı Eti Kalitesi**

Et üretiminde, 'kalite' terimi, tüketici memnuniyetini ve üretim kârlılığını olumsuz yönde etkileyebilecek istikrar, güvenilirlik ve bozuklukların eksikliği gibi çeşitli yönleri kapsar (McKee ve diğerleri, 2012). Kanatlı etinin kalitesi değerlendirilirken, görünüm ve

doku (sertlik derecesi) birincil kriterlerdir, buna ek olarak, sululuk, lezzet ve işlevsellik gibi ikincil özellikler de önemli parametreler olarak kabul edilir. Etin görünümü, tüketiciler için ilk izlenimi oluşturduğundan çok önemlidir ve renk, etin görünüm değerlendirmesinde anahtar bir gösterge olarak kabul edilir (Fletcher, 2002). Renk, tüketici tercihlerini önemli ölçüde etkileyebileceğinden, endüstriyel et sektörü ürünlerde renk istikrarlılığı ve üniform olmasına öncelik vermektedir (Perez-Alvarez ve Fernandez-Lopez, 2012). Çiğ kanatlı etinin rengi mavi-beyazdan sarıya kadar değişir ve bunların tümü normal varyasyonlar olarak kabul edilir. Bu varyasyonlar, tür, kas tipi, aktivite seviyesi, yaş ve rasyon hammadde içeriği gibi faktörlerden etkilenir (Carvalho ve diğerleri, 2017).

Etin sertliği, özellikle etin yenmesi sırasında tüketici memnuniyetini etkileyebilecek bir diğer önemli duyusal özelliktir. Sertlik derecesi, yaş, kas tipi (bağ dokusu içeriği ve lif çapı) ve uygulanan işleme yöntemi gibi birçok faktörden etkilenir (Liu ve Zhang, 2020). Sertlik derecesi, aynı zamanda etin sulu olma durumu ile de yakından ilişkilidir (Baéza ve diğerleri, 2022). Günümüz et pazarında, işlenmiş et ürünlerine doğru bir yönelim nedeniyle etin fonksiyonel özellikleri daha fazla önem kazanmaktadır; bu ürünler, bütün karkas yerine kemiksiz veya parçalanmış karkas gibi ürünlerdir (Fletcher, 2002). Kanatlı etinin fonksiyonel özellikleri, etin işlenmeye ve soğuk depolamaya uygunluğunu belirler. Bu bağlamda, etin su tutma kapasitesi (STK), yeterli ürün işleme ve depolama için ana belirteçtir (Baéza ve diğerleri, 2022).

Kesim sonrası kas pH'sındaki değişimler ve bu değişimlerin hızı; renk istikrarlılığı, STK, sertlik derecesi, pişirme kaybı, sululuk ve mikrobiyal istikrarlılığı (raf ömrü) gibi kalite özelliklerini etkileyen temel etmenlerdir (Le Bihan-Duval ve diğerleri, 2008; Smith, 2020). Bu nedenle, etin pH'sı et işleme ve kalite kontrol protokollerinde sıklıkla ölçülmekte ve izlenmektedir (Rebezov ve diğerleri, 2024). Etin renk parametreleri, özellikle parlaklık ( $L^*$ ), kırmızılık ( $a^*$ ) ve sarılık ( $b^*$ ), çoğunlukla kas içindeki hem proteinlerinin içeriğine bağlı olsa da, beyaz ette kesim sonrası kas glikojen rezervleri ile yakından ilişkilidir (Baéza ve diğerleri, 2022), bu da kesim sonrası pH düşüşünün ne kadar olacağını belirler. Kanatlı et rengi ile kas pH'sı arasındaki ilişki, çeşitli çalışmalarla doğrulanmıştır (Fletcher, 1999; Petracci ve diğerleri, 2004; Qiao ve diğerleri, 2001). Bu bağlamda, daha koyu kanatlı eti genellikle daha yüksek kas pH seviyeleriyle ilişkilendirilirken, daha açık renk genellikle daha düşük pH değerleriyle ilişkilidir (Fletcher, 2002). Böylece, kasın pH, STK, renk vb. gibi ilgili parametreler arasında karmaşık bir ilişki sonucunda et kalitesi karakterize edilir. Örneğin, düşük pH'lı soluk et, genellikle istenmeyen teknolojik özelliklerle ilişkilendirilir; bunlar

arasında düşük STK, artmış su kaybı (drip loss) ve eksüdatif doku yer alır (McKee ve diğerleri, 2012).

Kesim öncesi koşulların ve beslemenin et kalitesi üzerindeki belirgin etkilerine rağmen, etlik piliçlerde kesim sonrası kas özellikleri ile et kalite özellikleri arasında önemli genetik korelasyonlar bulunmaktadır. Diğer bir deyişle, genetik faktörler, kesim sonrası kas metabolizmasını ve dolayısıyla et kalitesini etkiler (Le Bihan-Duval ve diğerleri, 1999). Örneğin, göğüs kası ağırlığı ile kas lif boyutu arasında bulunan genetik olarak pozitif korelasyon, kasın glikojen içeriği ve nihai pH ( $pH_u$ ; kesim sonrası 24. saat pH) değeri ile ters yönde korelasyonla sonuçlanır (Le Bihan-Duval ve diğerleri, 2008). Buna göre, modern etlik piliçlerde kas özellikleri, kesim sonrası kas metabolizması ve nihayetinde etin kalitesi önemli ölçüde yapılmış olan genetik seleksiyonlardan etkilenmektedir (Le Bihan-Duval ve Berri, 2017). Örneğin, hızlı gelişen hibrit hatlar, özellikle göğüs kasında, yavaş gelişen hatlara kıyasla daha kısa bir rigor mortis gelişimi ve düşük  $pH_u$  sergilerler. Sonuç olarak, STK ve etin fonksiyonel özellikleri, potansiyel olarak hızlı gelişen genotip tarafından olumsuz bir şekilde etkilenir (Dransfield ve Sosnicki, 1999). Benzer şekilde Berri ve diğerleri (2001), verime olarak gelişmiş etlik piliç hatlarının, gelişmeyen hatlarına göre daha yüksek CA ve göğüs kası verimi gösterdiğini ve kesim sonrası göğüs kasında yapılan ölçümler daha yüksek  $pH_{15}$  (kesim sonrası 15. dakika) ve daha düşük  $pH_u$ , ayrıca daha düşük  $L^*$  ve  $a^*$  değerleri göstermiştir. Öte yandan, Duclos ve diğerleri (2007), büyüme hızı ile STK ve işleme yeteneği gibi göğüs eti kalite özellikleri arasında bir korelasyon bulmamışlardır.

Piliç etine olan talebin artmasıyla birlikte, tüketicilerin piliç eti kalitesinin sağlanmasına yönelik talebi de artmıştır. Buna göre etin güvenilirlik ve tazeliğin yanı sıra, görünüm, yumuşaklık, sulu olmak ve lezzet gibi özelliklere giderek ilgi artmıştır. Ancak, etlik piliç endüstrisinde daha büyük kas kütlesi, verimli beslenme ve kısa yetiştirme süresi gibi önemli ilerlemeler kaydedilmiş olsa da, kas liflerinde yapısal ve biyokimyasal bazı değişiklikler ortaya çıkmış ve bu durum kas bozuklukları ve genel et kalitesinin gerilemesi ile sonuçlanmıştır (Petracci ve diğerleri, 2015). Örneğin, göğüs kasında oluşan derin pektoral miyopati, odunumsu göğüs, BÇ ve spagetti et gibi bozukluklar, çeşitli görünüm ve doku kusurlarına yol açmakta (Petracci ve diğerleri, 2017) ve tüketici reddine neden olmaktadır. Ayrıca, genetik seleksiyonların sonucuyla kaslarda hem pigmentlerinin konsantrasyonunun azalmasına yol açmış ve bu da  $a^*$  değerinin düşmesine,  $L^*$  ve  $b^*$  değerlerinin artmasına neden olabilir (Baéza ve diğerleri, 2022). Sonuç olarak, kas liflerinin özellikleri ile et kalitesi

arasında güçlü ilişkiler olduğundan, hızlı gelişen etlik piliçlerde iskelet kaslarının sağlıklı büyümesi ve metabolizmasını büyük önem arz etmektedir.

### **2.3. Ticari Etlik piliç Yetiştiriciliğinde Beyaz Çizgi Oluşumu**

Hızlı büyüme oranı ve yüksek göğüs kası verimli etlik piliçleri, BÇ oluşumu gibi miyopatik bozukluklara yatkın hale getirmiştir (Velleman, 2015). Ticari etlik piliç yetiştiriciliğinde, performans ve kas kütleindeki iyileşmelerle birlikte göğüs kası miyopatilerinin sıklığı artmıştır (Velleman ve diğerleri, 2003) ve bunlar modern miyopatiler olarak sınıflandırılmaktadır. Ticari üretim koşullarındaki BÇ görülme sıklığı üzerine yapılan araştırmalar, durumun yaygın bir şekilde ortaya çıktığını vurgulamış, BÇ görülme sıklığının 2012 yılında yaklaşık %5'iken, sonraki yıllarda %90'ın üzerine çıktığını bildirmişlerdir (Petracci ve diğerleri, 2019). Göğüs etinde BÇ oluşumu, şu anda etlik piliç endüstrisinde önemli bir endişe kaynağıdır (Kuttappan ve diğerleri, 2016) ve bu durum, artan kas hasarı ve et kalitesinin gerilemesi ile ilişkilidir (Cruz ve diğerleri, 2017; Tasoniero ve diğerleri, 2016).

#### **2.3.1. Göğüs Kasında Beyaz Çizgi Oluşum ve Görülme Sıklığı**

Kanatlı göğüs kasında BÇ oluşumu ilk olarak Bauermeister ve diğerleri (2009) ve Kuttappan ve diğerleri (2009) tarafından, etlik piliçlerinin *Pectoralis major* kasında kas liflerine paralel beyaz çizgiler olarak tanımlanmıştır. Beyaz çizgi, etin görünümünü ve tüketici algısını olumsuz şekilde etkileyen, bulaşıcı olmayan bir kalite kusuru olarak tanımlanır (Alnahhas ve diğerleri, 2016). Bu çizgiler genellikle *Pectoralis major* kasının kanat bağlantı noktalarında, kasın en kalın kısmında başlar ve zamanla göğüs yüzeyinin önemli bir kısmını kaplayabilir (Dalle Zotte ve diğerleri, 2015; Ferreira ve diğerleri, 2014). Kuttappan ve diğerleri (2012a) BÇ etkisinin farklı şiddetlerde görüldüğü göğüs etlerini görsel olarak incelemişlerdir. Bulgulara göre, normal göğüs etinin yüzeyinde beyaz alan %8,42'iken, BÇ şiddeti arttıkça bu oran orta derecede etkilenmiş ette %28,55'e şiddetli etkilenmiş et örneklerinde ise %54,80'e ulaşmıştır.

Yapılan çalışmalar, BÇ oluşumunun temel mekanizmalarına dair bazı bilgiler sunmaktadır. Araştırmalar, BÇ miyopatisinin hızlı büyüyen etlik piliçlerde metabolik

bozukluklarla ilişkili olduğunu ve bunun sonucunda kas lifi bütünlüğünün bozulduğunu, interstisyel yağ ve bağ dokusunun arttığını göstermektedir (Sihvo ve diğerleri, 2014). Bu patolojinin, normal miyogenez ve protein dönüşümünü bozarak oksidatif strese neden olan hipoksiye bağlı olduğu düşünülmektedir (Petracci ve diğerleri, 2019). Ayrıca, BÇ oluşan kaslarda enzimlerin, özellikle kreatin kinaz ve laktat dehidrojenaz gibi miyopati göstergelerinin yüksek seviyeleri, metabolik stresin BÇ'nin gelişimindeki rolünü daha da desteklemektedir (Kuter ve diğerleri, 2022; Malila ve diğerleri, 2021; Sandercock ve Mitchell, 2003). Benzer şekilde, Yalçın ve diğerleri (2019), hızlı büyüyen etlik piliçlerde pektoral miyopati oluşumu ile ilişkili artmış serum kreatin kinaz aktivitelerini ortaya koymuştur. Son olarak İpek ve diğerleri (2024), endoplazmik retikulum stresine bağlı apoptozis (programlı hücre ölümü)'in etlik piliçlerde BÇ'nin oluşumu ve ilerlemesinde anahtar bir faktör olduğunu önermiş; çünkü bu durum normal hücresel fonksiyonu bozarak kas dejenerasyonuna katkıda bulunabilir.

Yapılan araştırmalar göre, genetik, büyüme hızı, beslenme ve çevresel koşullar gibi çeşitli faktörler BÇ görülme sıklığını etkilenmektedir. Etlik piliçlerde yüksek performansın kas ve iskelet sistemi bozukluklarına katkıda bulunduğunu öne sürmektedir (Mahon, 1999; Sosnicki ve diğerleri, 1991). Hızlı büyüyen etlik hibritler (yavaş büyüyen genotiplere kıyasla) genellikle daha geniş kas lifi çaplarına, daha düşük kapiller-lif oranına, daha büyük kapiller aralıklara ve daha düşük protein yıkım oranlarına (kasta düşük protein yıkım oranı, aşırı hipertrofi ve yapısal olarak hasar görmüş proteinlerin yıkılamaması ile sonuçlanır) sahiptir (Mahon, 1999; Sosnicki ve Wilson, 1991). Bu koşullar, göğüs kasında miyopati gelişme riskini artırmaktadır (Velleman ve Clark, 2015; Yalçın ve diğerleri, 2019). Hızlı büyüyen modern etlik piliçlerin artan metabolik ihtiyaçları ve kas dokusundaki azalmış kapiller yoğunluk nedeniyle BÇ'ye özellikle yatkınlardır (Baldi ve diğerleri, 2020; Tijare ve diğerleri, 2016). Kapiller yoğunluğundaki azalma, dokuya oksijen ve besin maddelerinin yetersiz ulaşımına yol açar; bunun yanı sıra karbonhidrat metabolizması sırasında kas dokusundan üretilen laktik asidin azalmış bir şekilde uzaklaştırılması durumu da söz konusudur. Bu fizyolojik zorluklar, kaslarda miyodejenerasyon ve yetersiz rejenerasyon gibi yapısal ve metabolik anormalliklere yol açar ve nihayetinde kas hasarına neden olur (Hoving-Bolink ve diğerleri, 2000; Mudalal ve diğerleri, 2015; Petracci ve diğerleri, 2015).

Amino asit profillerinin optimize edilmesi gibi beslenme müdahaleleri, BÇ'nin şiddetini azaltmak için etkili olsa da, bu durum etlik piliç üretiminde önemli bir sorun olarak devam etmektedir (Zampiga ve diğerleri, 2020). Beyaz çizgi oluşumu hatta erken dönemde, civciv

aşamasında, bile kendini gösterebilir. Kindlein ve diğerleri (2017), 10 günlük etlik civcivlerde %2,27 oranında bir BÇ görülme sıklığını bildirmiştir. Bu erken başlangıç, BÇ'nin embriyonik gelişim veya çıkım sonrası büyümenin erken döneminde başlayabileceğini, potansiyel olarak damızlık beslenmesi veya kuluçka yönetimi gibi faktörlerden de etkilenebileceğini göstermektedir (Bailey ve diğerleri, 2020).

### **2.3.2. Beyaz Çizginin Etkileri**

Amerikan Ulusal Tavuk Derneğinin verilerine göre, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki müşterilerin %65'i, marketlerden derisiz ve kemiksiz piliç göğsü eti satın almayı tercih etmektedir (National Chicken Council, 2006). Bu tercihin birkaç nedeni vardır: (1) daha kısa hazırlık ve pişirme süreleri, (2) farklı yemek reçetelerine uyumu ve (3) yemek hazırlığı sırasında minimum atık (Kuttappan ve diğerleri, 2012b). Diğer bir örnek olarak, Türkiye'deki artan şehirleşme ile birlikte parçalanmış piliç eti tüketimine olan tercih artırmıştır. Örneğin, piliç karkasının önemli bir kısmını (yüzde 20-25) oluşturan göğsü filetosu restoran ve fast food sektörlerinde (örneğin, tavuk döner) sıklıkla tercih edilmektedir. Ayrıca, ülke marketlerinde piliç eti genellikle bütün olarak ya da parçalanmış karkas halinde satılmaktadır ve piliç göğsü filetosu genellikle en pahalı parçalar arasında yer almaktadır. Ancak, göğsü etinin değeri açısından, piliç göğsü etinin yüzeyinde kolayca görülebilen BÇ, müşteri tercihini düşürmektedir (Kuttappan ve diğerleri, 2012b). Özellikle şiddetli BÇ'ye sahip filetolar doğrudan tüketime uygun değildir, bu nedenle genellikle işlenmiş ürünlerde (örneğin, sosis ve nugget) veya yan ürün olarak kullanılmaktadır (Baldi ve diğerleri, 2018; Dalle Zotte ve diğerleri, 2015; Lorenzi ve diğerleri, 2014). Kuttappan ve diğerleri (2012b) çeşitli yaş gruplarından toplam 75 katılımcı ile yaptıkları çalışmada, panelistlerin normal ete kıyasla beyaz çizgili göğsü etine karşı olumsuz algılar bildirdiklerini, özellikle yağı, rengi, görünümü, dokusu, boyutu ve üniform olması konusunda olumsuz değerlendirmeler yaptıklarını belirtmişlerdir. Sanchez Brambila ve diğerleri (2016), farklı BÇ yoğunlukları gösteren pişirilmiş 105 piliç göğsü örneğini (her biri normal, orta ve şiddetli olmak üzere 35 örnek) 14 katılımcıya yaptıkları dokusal değerlendirme anket çalışmasında incelemiştir. Bulgulara göre, şiddetli BÇ'li et örnekleri, normal ve orta düzeyde BÇ örneklerle kıyasla daha sert, yapışkan ve çiğnemesi daha zor algılanmıştır.

Araştırmalar BÇ'nin piliç göğsü filetosunun kabul edilebilirliğini önemli ölçüde düşürdüğünü ve bu durumun üreticiler için finansal kayıplara yol açtığını göstermiştir (Mudalal ve diğeri, 2015). Ayrıca, BÇ şiddetine bağıli etin fonksiyonel özelliklerinin azalmasıyla (düşük STK ve kötü doku) ilişkili olduğu ve bunun sonucunda göğüs etinde işleme ve tüketici memnuniyeti üzerinde olumsuz etkisini artırmaktadır (Baldi ve diğeri, 2020). Amerika Birleşik Devletleri'nde, göğüs eti miyopatilerinden kaynaklanan ekonomik kayıplar yıllık olarak 200 milyon doları aşabildiğini bildirilmiştir (Kuttappan ve diğeri, 2017). Çalışmalar, bu miyopatilerin görülme sıklığının arttığını bu duruma bağıli ekonomik kayıpların artmaya devam edebileceğini öne sürmektedir (Cruz ve diğeri, 2017).

### 2.3.2.1. Göğüs Kasında Histo-Patolojik Değişiklikler

Son yıllarda yapılan histo-patolojik çalışmalar, BÇ miyopatisi hakkındaki anlayışımızı genişletmiştir. Makroskopik olarak, BÇ, kas liflerine paralel beyaz çizgilerle karakterizedir ve genellikle *Pectoralis major* kasında gözlemlenir. Beyaz çizgili göğüs kasının mikroskopik analizinde, kas lifi dejenerasyonu, folliküler/vakuolar dejenerasyon, lizis, yetersiz mineralizasyon, nadiren rejenerasyon, interstisyel iltihaplanma, artan bağ dokusu (fibrozis), yağ hücresi infiltrasyonu (lipidozis; yağ depolama bozukluğu) ve iltihap hücrelerinin infiltrasyonu gözlemlenmiştir. Ayrıca, BÇ yoğunluğu arttıkça, miyopatik lezyonlar gösteren liflerin sayısında bir artış ve fibrozis ile lipidoz seviyelerinde yükselme gözlemlenmektedir (İpek ve diğeri, 2024; Kuttappan ve diğeri, 2013a; Russo ve diğeri, 2015; Sihvo ve diğeri, 2014).

Histo-patolojik olarak, etkilenen kaslar, çoğunlukla makrofajlar ve CD8(+) T lenfositlerinden oluşan endomisyel ve perivasküler iltihap infiltrasyonları gösterir ve bunun yanında şiddetli miyofiber atrofi, nekroz, fibrozis ve yağ dokusunun kas lifi yerine geçmek gözlemlenir. Ayrıca, sarkoplazmada ve sarkolemmada major histokompatibilite kompleksi sınıf I (MHC I) moleküllerinin yaygın bir şekilde aşırı ekspresyon edildiği görülür (Mutryn ve diğeri, 2015; Soglia ve diğeri, 2021). Kindlein ve diğeri (2017) beyaz çizgili göğüs kas liflerinde, sarkoplazmik retikulumda vakuolizasyon, artan interkapiller mesafe, kapiller ile kas lifi oranında azalma, yapısal hücre bozulması ve oksijen eksikliği belirtilerini gözlemlenmişlerdir.

Orta dereceden şiddetli BÇ yoğunluğuna sahip göğüs etlerinde, dejeneratif miyopati (miyodejenerasyon), iltihaplanma ve artan lipidozis eğilimleri tespit edilmiştir (İpek ve diğerleri, 2024). Ayrıca, makrofaj ve heterofillerin infiltrasyonu ile kas lifi nekrozu, göğüs kasının kemiğe yakın bölgelerinde kayıt edilmiştir. Cilde daha yakın bölgelerde ise lenfosit infiltrasyonu gözlemlenmiştir (Ferreira ve diğerleri, 2014). Trocino ve diğerleri (2015) BÇ yoğunluğunun farklı derecelerini (normal, orta, şiddetli) gösteren 64 göğüs kasının histo-patolojik incelemesini yapmıştır. Bulgulara göre, örneklerin %3,1'inin histo-patolojik bulgu göstermediğini, %26,6'sının hafif, %45,3'ünün orta, %25'inin ise şiddetli dejenerasyon göstermiştir.

### **2.3.2.2. Göğüs Etinde Besin Madde Bileşiminde Değişiklikleri**

Piliç eti, düşük yağ, sodyum ve kolesterol içeriği ile yüksek doymamış yağ asidi seviyeleri nedeniyle yaygın olarak tercih edilmektedir. Karkas parçalarının diğer kısımlarına kıyasla, göğüs eti düşük yağ, sodyum ve kolesterol içerir, bu da onu sağlıklı tüketim açısından daha çekici hale getirmiştir (Cavani ve diğerleri, 2009). Ancak, son çalışmalar, piliç etinin besin profili zaman içinde değiştiğini ve bunun başlıca artan yağ içeriği nedeniyle olduğunu göstermektedir (Kuttappan ve diğerleri, 2012b). Etlik piliçlerde performansı iyileştirmeye yönelik yapılan çalışmalar, yüksek enerjili rasyonların kullanımı, sınırsız yeme erişimi ve sınırlı fiziksel aktivite gibi faktörlerin, tüm bu faktörlerin karkastaki yağ seviyelerini artırmaya katkıda bulunduğunu vurgulanmıştır (Wang ve diğerleri, 2013).

Aşırı dejenerasyon, kas dokusunda yağ birikimi için alan yaratır ve bu, BÇ oluşumuna katkıda bulunan bir faktördür (Vignale ve diğerleri, 2017). Histo-patolojik ve kimyasal analizler, BÇ'lerin ağırlıklı olarak yağ dokusundan oluştuğunu ortaya koyarak bu hipotezi desteklemektedir (Bailey ve diğerleri, 2015). Ancak, BÇ'teki yağ birikimi, sığır etindeki mermerleşmeden farklıdır; mermerleşme, bağ dokusunda bulunan intramüsküler yağdır (Kuttappan ve diğerleri, 2016).

Beyaz çizgili göğüs etinin besin bileşimi değişikliği birçok çalışmada incelenmiştir. Bu çalışmalar, BÇ'li göğüs etindeki yağ ve protein seviyeleri arasında negatif bir korelasyon olduğunu göstermektedir (Kuter ve diğerleri, 2022; Kuttappan ve diğerleri, 2013). Baldi ve diğerleri (2018) göğüs etinin farklı bölgelerinde (yüzey ve derin) besin analizleri yaparak,

normal etle karşılaştırıldığında BÇ'li göğüs etinin hem yüzey hem de derin bölgelerinde daha yüksek yağ ve daha düşük protein seviyelerine sahip olduğunu gözlemlemiştir. Ancak, nem ve kül içeriğinde önemli bir fark bulunmamıştır. Benzer olarak, Kuter ve diğerleri (2022) BÇ'li göğüs etinin, normal göğüs eti örneklerine kıyasla daha yüksek yağ ve daha düşük protein seviyelerine sahip olduğunu, ayrıca BÇ'nin yoğunluğu arttıkça, yağ içeriğinde bir artış ve protein içeriğinde bir azalma bildirmişlerdir. Bu, yağ:protein oranının yükselmesine, dolayısıyla yağdan elde edilen enerji oranının artmasına yol açar (Kuttappan ve diğerleri, 2012b; Petracci ve diğerleri, 2014). Ayrıca, Kuttappan ve diğerleri (2013b), BÇ'li göğüs etinin yağ asidi profilinin değiştiğini, ayrıca doymuş ve doymamış yağ asitleri arasındaki dengenin değiştiğini ortaya koymuşlardır. Bu değişiklikler, tüketici sağlığı ve endüstri standartları için önemli etkiler doğurmakta olup, BÇ'nin yaygınlığını ve bunun göğüs eti besin bileşimine etkilerini azaltmaya yönelik stratejilerin gerekliliğini vurgulamaktadır.

### **2.3.2.3. Göğüs Eti Kalite Parametrelerine İlişkin Değişiklikler**

Etlik piliçlerin göğüs etinde BÇ'nin artan yaygınlığı, et kalitesi parametreleri üzerindeki etkileri konusunda önemli endişelere yol açmıştır. Beyaz çizgi, gıda güvenliği riski oluşturmasa da, et kalitesini önemli ölçüde etkileyerek daha düşük tüketici kabulü ve azalmış piyasa değeriyle sonuçlanır (Petracci ve diğerleri, 2019). Sertlik derecesi, sululuk ve görsel çekicilik gibi duyu özellikler, ayrıca verimlilik, STK ve pişirme kaybı gibi fiziksel özellikler, BÇ ile ilişkili fizyolojik ve biyokimyasal değişikliklerden derinden etkilenmektedir (Duclos ve diğerleri, 2007; Kuttappan ve diğerleri, 2013c). Büyüme hızlarını ve göğüs kası verimlerini geliştirmeye amaçlayan genetik seleksiyon stratejileri, kas anormalliklerini de paralel olarak artırmıştır (Dransfield ve Sosnicki, 1999). Etlik piliçlerde iyileştirilmiş verimlilik metabolik strese yol açarak dev lif oluşumu, lif hipertrofisi ve artan bağ dokusu infiltrasyonu gibi histo-patolojik değişikliklere neden olur; bu değişiklikler, etin genel kalitesini olumsuz yönde etkiler (Kindlein ve diğerleri, 2017; Petracci ve diğerleri, 2013).

Kas biyokimyası, postmortem et kalite özelliklerini belirlemede merkezi bir rol oynar. Rigor mortis sırasında glikojenin anaerobik metabolizması, laktik asit birikimine yol açar, bu da kaslardaki pH düşüşünü tetikler (Zhao ve diğerleri, 2012). Ancak, BÇ'den etkilenmiş etlerde, pH dinamikleri düzensizdir ve bu etler, erken postmortem pH yüksekliği ve asidifikasyonun gecikmesi ile karakterizedir. Bu dalgalanmalar, modern etlik piliçlerin göğüs

kasında azalmış glikojen rezervleri ve bozulmuş enerji metabolizması ile ilişkilidir (Baldi ve diğerleri, 2018; Bowker ve Zhuang, 2016). Myopatik (beyaz çizgili) göğüs etlerinde 6-8 saat arası gözlemlenen yüksek pH seviyeleri, 24. saatten sonraki ölçümde düşmektedir (Kuter ve diğerleri, 2022).

Beyaz çizgili kaslarda, yağ ve bağ dokusunun infiltrasyonu, yapısal dejenerasyona yol açarak etin renk ve dokusundaki değişikliklere katkıda bulunur. Artmış  $L^*$  ve  $b^*$  değerleri kas hasarına uğramış göğüs eti örneklerinde bildirilmiş ve bu parametreler, myopatik hasarın derecesiyle pozitif korelasyon göstermektedir (Alnahhas ve diğerleri, 2016; Petracci ve diğerleri, 2013). Tüketici algısı, özellikle bu görsel değişikliklere duyarlıdır ve renk özelliklerindeki değişiklikler, pazar kabulünü azaltır (Fanatico ve diğerleri, 2005; Kuttappan ve diğerleri, 2017b).

Beyaz çizgiden etkilenmiş etlerde, doku proteinlerinin fonksiyonel özellikleri de bozular. Su tutma ve doku için kritik öneme sahip olan miyofibril proteinler, kas liflerinin dejenerasyonu nedeniyle yapısal bütünlüklerini kaybeder (Mudalal ve diğerleri, 2014). Ette tutulan suyun yaklaşık %80'i bu proteinlerle ilişkilidir (Offer ve Cousins, 1992). Sonuç olarak, BÇ, birçok çalışmada gösterildiği gibi, azalmış STK ve artan pişirme kayıplarına yol açmıştır (Alnahhas ve diğerleri, 2016; Kuter ve diğerleri, 2022; Mudalal ve diğerleri, 2015).

### **2.3.3. Beyaz Çizgi Oluşumunu Etkileyen Etmenler**

Göğüs kasında oluşan BÇ'nin temel nedenleri hâlâ devam eden araştırmaların konusu olsa da, büyüme hızı, CA, CAA, göğüs eti ağırlığı, göğüs kası verimi, cinsiyet ve yaş gibi çeşitli içsel faktörler BÇ'nin gelişimini etkiler.

Beyaz çizgi oluşumu, iyileştirilmiş büyüme hızları ve artırılmış göğüs kası verimi için yapılan genetik seleksiyonla yakından ilişkilidir. Yapılan çalışmalara göre, BÇ'in göğüs kasında meydana gelmesi, belirli bir hibritle sınırlı değil ve tüm ticari etlik piliç hibritlerini etkiler. Ancak, hızlı büyüme, yüksek CA ve artırılmış göğüs kası verimi gösteren ticari etlik piliçlerde daha yaygındır. Dolayısıyla bu faktörlerin BÇ oluşumu ile doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir (Bailey ve diğerleri, 2015; Bowker ve Zhuang, 2016; Cruz ve diğerleri, 2017; Ferreira ve diğerleri, 2014; Kuter ve diğerleri, 2022). Yüksek CA ve göğüs kası verimi için seçilen etlik piliçler, genellikle lif hipertrofisi, bozulmuş kas yapısı ve artan yağ infiltrasyonu gibi değişmiş kas lifi gelişimini gösterir. Bu değişiklikler, kasları hasara

daha duyarlı hale getirir ve BÇ'lerin oluşumuna yol açar (Ferreira ve diğerleri, 2014; Bailey ve diğerleri, 2015).

Rasyon bileşimi BÇ'nin gelişimi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Hızlı CAA'nı teşvik etmek amacıyla hazırlanmış yüksek enerjili rasyonların, BÇ'nin artan görülme sıklığı ile ilişkili olduğu bilinmektedir. Çünkü bu rasyonlar daha hızlı kas büyümesini destekler ve bu da kasın uygun vaskülarizasyon gelişimini ve fonksiyon sağlama kapasitesini geride bırakır (Kindlein ve diğerleri, 2017; Kuttappan ve diğerleri, 2012b). Benzer şekilde, rasyon protein düzeyleri, özellikle de lizin amino asiti, BÇ oluşumu ile ilişkilendirilmiştir. Araştırmalar, rasyonla yüksek lizin alımı kasta protein sentezini arttırdığını, ancak kas dokusu gelişimini yeterince desteklemediğini göstermektedirler (Cruz ve diğerleri, 2017). Öte yandan, E vitamini katkısı BÇ oluşumunu azaltma konusunda önemli bir etki göstermemiştir, bu da oksidatif stresin tek başına bu miyopatiyi tetikleyen neden olmayabileceğini düşündürmektedir (Kuttappan ve diğerleri, 2012c). Beslenme stratejileri, örneğin faz besleme veya yem kısıtlaması, BÇ görülme sıklığını azaltmak için potansiyel müdahaleler olarak incelenmiştir. Ancak çalışmalar, ne faz beslemenin ne de yem kısıtlaması (4 ila 6 saat) değişikliklerin BÇ gelişimini önemli şekilde etkilemediğini göstermiştir (Kuttappan ve diğerleri, 2013c). Benzer şekilde, orta derecede yem kısıtlaması (örneğin, 13 ile 21. günler arasında %20'lik bir kısıtlaması), BÇ oluşumunu önlemede etkili olmamıştır (Trocino ve diğerleri, 2015). Bu bulgular, yukarıdaki beslenme uygulamalarının büyüme biçimini etkileyebilse de, BÇ'ye katkıda bulunan temel faktörleri üzerine geriletici etkiler sağladığını göstermektedir.

Beyaz çizginin ilerlemesi, hayvanların yaşı ve ağırlığı ile pozitif korelasyon gösterir. Doğrusal regresyon analizleri, BÇ'nin şiddeti ile piliçlerin yaşı ve ağırlığı arasında önemli bir ilişki olduğunu göstermiştir (Baldi ve diğerleri, 2018). Benzer şekilde, patolojik değerlendirmeler, BÇ lezyonlarının şiddetinin yaş ilerlemesi ile arttığını ve ilk belirtilerin büyümenin ikinci haftasında görülebileceğini ortaya koymaktadır. Beşinci ve altıncı haftalarda ise geniş kas dokusu dejenerasyonu dahil olmak üzere şiddetli miyopatik değişiklikler belirgindir (Kuttappan ve diğerleri, 2013a).

Bulaşıcı ajanlar ve iltihaplı durumların piliçlerde kas hasarına neden olduğu bilinse de, BÇ'nin başlangıcıyla kesin olarak ilişkilendirilen spesifik patojenler bulunmamaktadır (Kuttappan ve diğerleri, 2013b). Bunun yerine, BÇ gelişiminin, hızlı büyüme, kaslara yetersiz besin sağlanması ve kas lifi yeniden şekillendirilmesinin bozulmasıyla tetiklenen kas metabolik stresle ilişkili olduğu görünmektedir. Yüksek yerleşim sıklığı gibi çevresel

faktörler veya yetersiz barınma koşulları, kaynaklar için rekabeti artırarak bu stresleri daha da şiddetlendirebilir ve durumu kötüleştirebilir (Baldi ve diğerleri, 2018). Buna karşın, Pekel ve diğerleri (2020) etlik piliçlerde BÇ oluşumu, yerleşim sıklığından etkilemediğini bildirmiştir.

Bütün olarak değerlendirildiğinde, BÇ, genetik, beslenme ve çevresel faktörlerin bir kombinasyonu tarafından etkilenen karmaşık bir kas hasarıdır. Yüksek CA ve hızlı büyüme için seçilen etlik piliçler, kaslarının BÇ'ye yol açan metabolik strese özellikle duyarlılardır. Bu bağlamda, etkili beslenme stratejiler ve bakım-yönetim uygulamaları belirlemek için daha fazla araştırma gereklidir. Zira, BÇ'nin çok faktörlü doğasını anlamak, etlik piliçlerin yüksek büyüme performansını sürdürürken et kalitesi üzerindeki etkisini en aza indirmek için sürdürülebilir çözümler geliştirmek açısından çok önemlidir (Petracci ve diğerleri, 2019).

#### **2.4. Beyaz Çizgi Oluşumuna Karşı Beslenme Yaklaşımları**

Beyaz çizgi, tüketici kabulünü ve endüstri kârlılığını olumsuz şekilde etkilediğinden, bu sorunun azaltılmasına yönelik çeşitli beslenme stratejilerinin geliştirme araştırmaları yapılmıştır. Bu beslenme ayarlamaları, kas metabolizmasını düzenlemeye ve oksidatif hasarı azaltmaya odaklanmaktadır. Tablo 1, etlik piliçlerde BÇ'yi azaltmaya yönelik yapılan bu çalışmalarının bazılarını özetlemektedir.

Rasyonda amino asit oranlarının ayarlanması, kas büyümesini ve BÇ şiddetini etkileyebilir. Örneğin, etlik piliç rasyonuna Arj'in ilavesi, göğüs kasında damar fonksiyonunu ve oksijen ulaşımını artırarak, BÇ gelişimiyle ilişkili hipoksi koşullarını etkili bir şekilde azaltabilir (Lee ve Mienaltowski, 2023). Bodle ve diğerleri (2018) rasyona Arj eklenmesi göğüs kasında damarlanmayı ve oksijen taşımayı iyileştirerek BÇ ile ilişkilendirilen hipoksik koşulları azaltabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca, büyütme dönemi (12-24. günler arası) rasyonunda amino asit yoğunluğunun azaltılması (%15 düzeyinde), hemodinamikleri ve oksijen desteğini iyileştirerek kas bütünlüğü ve BÇ şiddetinin azalmasında gelişme sağlamıştır (Bodle ve diğerleri, 2018). Benzer olarak, büyütme dönemi (11-24. günler arası) rasyonunda sindirebilir lizin kısıtlaması (%15 düzeyinde), kas büyümesini yavaşlatarak, BÇ görülme sıklığının azaltılmasında etkili olmuştur (Ahsan ve Cengiz, 2020). Buna benzer şekilde, belirli büyütme dönemi (12-26. günler arası) rasyonlarında sindirebilir lizin seviyelerinin düşürülmesinin (%15 ve %25 düzeylerinde), göğüs kasında protein sentezini ve kas aşırı büyümesini azaltarak BÇ görülme sıklığının düşürdüğünü göstermiştir (Meloche ve

diğerleri, 2018a). Amino asitlerin yanı sıra, yem enerji seviyelerinin kademeli olarak azaltılması veya aralıklı yem kısıtlamalarının uygulanması, kas büyümesini yavaşlatarak kas vaskülarizasyonu üzerindeki baskıyı hafifletebilir ve BÇ şiddetini azaltabilir (Meloche ve diğerleri, 2018b). Ahsan ve Cengiz (2020), ve Meloche ve diğerleri (2018b) büyütme döneminde uygulanan enerjisi kısıtlanmış rasyonların aşırı kas hipertrofisini sınırlandırarak BÇ görülme sıklığını azaltabileceğini göstermiştir. Ancak, bu stratejiler ekonomik açıdan uygulanabilir olabilmesi için üretim verimliliğini negatif yönde etkilememeleri gerekir.

E ve C vitaminleri, ve selenyum gibi antioksidanlar, BÇ oluşumunda katkıda bulunan bir faktör olan oksidatif stresi azaltma potansiyelleri nedeniyle araştırma konusu olmuşlardır. Örneğin, Bodle ve diğerleri (2018), rasyonda selenyum katkısının göğüs kası dokusundaki oksidatif hasarı azalttığını ve kas bütünlüğünü iyileştirdiğini bulmuşlardır. Benzer şekilde, Kuttappan ve diğerleri (2012c) rasyonda E vitamini ilavesinin hücrel koruma sağlayabileceğini bildirmiş, ancak BÇ şiddeti üzerindeki etkisi önemli bulunmamıştır.

Alternatif yem hammaddelerin kullanılmasıyla yapılan diyet çeşitlendirilmesi, bir diğer umut verici yaklaşımdır. Örneğin, Sachs ve diğerleri (2019), alternatif metiyonin kaynağı olarak kavrulmuş börülcenin rasyona eklenmesini incelemiş ve kas dokularında oksidatif stres ve yağ birikiminin azalttığını gözlemlemiştir. Bu tarz stratejiler, yalnızca BÇ'nin azaltılmasını hedeflemekle kalmaz, aynı zamanda doğal kaynakların verimliliğini artırarak ve konvansiyonel yem hammaddelerine olan bağımlılığı azaltarak sürdürülebilir hayvan yetiştirme hedefleriyle de uyum içindedir.

**Tablo 1.** Ticari etlik piliçlerin göğüs etinde beyaz çizgi oluşumu azaltmaya yönelik beslenme çalışmaları.

<b>Strateji</b>	<b>Hipotez edilen mekanizma</b>	<b>Göğüs etinde BÇ oluşumu ve kalitesi üzerine etkisi</b>	<b>Kaynak</b>
Katkı: * arjinin (% 125) * C vitamini (94,9 mg/kg yem) * 2-kat vitamin premiksi Amino asit kısıtlanması (büyütme döneminde % 15)	- Göğüs kasında damar fonksiyonun iyileşmesi - Göğüs kasında hipoksi durumunun azaltılması - Anti-oksidant kapasitesi desteklenmesi - Büyüme kısıtlanması	+ Uygulamaların BÇ oluşumu üzerine etkisi önemsizdi + BÇ ile ilgili hipoksi durumu azaldı	Bodle ve diğerleri, 2018
Katkı: * Metiyonin (% 125) * L-karnitin (100 mg/kg yem) Amino asit kısıtlanması (% 10 ya % 20)	- Lipogenesis'in gerilemesi ve lipolizis'in artması - Büyüme kısıtlanması	+ Uygulamaların BÇ oluşumu üzerine etkisi önemsizdi + Amino asit yoğunluğuna bağlı olarak orta düzey BÇ görülme sıklığı doğrusal şekilde azaldı, ancak et kalitesi geriledi	Kuter ve Öno, 2021 Pekel ve diğerleri, 2020
Rasyona Arj (%0,25) ve glutamin (%1) ilavesi	- Kasta hümorale bağışıklık ve protein sentezinin artması	+ Glutamin BÇ şiddetini arttırdı + BÇ oluşumu üzerine arjinin etkisi önemsizdi	Livingston ve diğerleri, 2019
Rasyona arjinin (1,20, 1,15, 1,10 ve 0,95 g/kg yem)	- Göğüs kasında damar fonksiyonun iyileşmesi - Göğüs kasında hipoksi durumunun azaltılması	+ Uygulamaların BÇ oluşumu üzerine etkisi önemsizdi	Zampiga ve diğerleri, 2018
Rasyona Arj ilavesi (% 20 ve % 30 gereksinim üstünde)	- Göğüs kasında damar fonksiyonun iyileşmesi - Göğüs kasında hipoksi durumunun azaltılması	+ Uygulamaların et kalitesi üzerine etkisi önemsizdi + Arjinin katkısı BÇ görülme sıklığını azalttı + Rasyonda %30 düzeyinde ilavesi BÇ şiddetini azalttı	Zampiga ve diğerleri, 2019
Rasyona inositol-stabilize edilmiş arjinin silikat (%0,025-0,15) katkısı	- Göğüs kasında damar fonksiyonun iyileşmesi	+ BÇ şiddeti azaldı + Kas dokusunda sağlıklı hücre gelişimi sağlandı	Meyer ve Bobeck, 2023
Rasyona magnezyum (%0,3) ilavesi	- Anti-oksidant kapasitesi desteklenmesi	+ BÇ görülme sıklığı azaldı, ayrıca göğüs etinde STK ve renk iyileşti	Estevez ve Petracci, 2019
Rasyona E vitamini (15, 50, 100, 200 ve 400 IU/kg yem)	- Anti-oksidant kapasitesi desteklenmesi	+ Uygulamaların BÇ oluşumu üzerine etkisi önemsizdi	Kuttappan ve diğerleri, 2012c
Rasyona E vitamini (200 IU/kg yem) ve omega-3 (n-3) yağ asitleri (n-6/n-3'de 3:1 oranı)	- Anti-oksidant kapasitesi desteklenmesi - Anti-enflamatuvar etki	+ E vitamin katkısı BÇ şiddetini azalttı ve et kalitesini geliştirdi + Omega-3 katkısı BÇ şiddetini arttırdı	Wang ve diğerleri, 2020

## 2.5. *In Ovo* Besleme

Çıkımı sonrası civcivlerin erken büyümesini desteklemek amacıyla kanatlı embriyolarına besin maddeleri içeren solüsyonları *in ovo* olarak enjekte etmek için etkili bir yöntem olarak geliştirilmiştir. Bu yöntem, ilk olarak 1980'lerin başında Marek hastalığına karşı embriyo gelişimi döneminde aşılama için uygulanmıştır (Sharma ve Burmester, 1982). *In ovo* besleme olarak besinlerin amniyotik sıvısına enjekte edilmesi, embriyoların amniyotik sıvıyı tükettiği bu ortamda bağırsaklara besin iletimini etkili bir şekilde gerçekleştirir. Bu da ince bağırsağın erken gelişimi açısından kritik bir rol oynar (Willemsen ve diğerleri, 2010; Kadam ve diğerleri, 2013).

Yapılan araştırmalar, *IOB* yoluyla sağlanan ekzojen amino asitler ve vitaminler gibi biyoaktif bileşenlerin, yumurtadan çıkım ile ilk yem alımı arasındaki beslenme açığını kapatmaya yardımcı olabileceğini vurgulamaktadır (Nouri Sanami ve diğerleri, 2014; Omidi ve diğerleri, 2020). Örneğin, birçok biyolojik süreçte rol oynayan ve kanatlılarda esansiyel bir amino asit olan Arj'in kuluçka sürecin son evrelerinde yumurtadaki seviyeleri azalır ve bu da eksikliklere yol açabilir (Ohta ve diğerleri, 2001). Dolayısıyla, Arj ile *IOB* olası eksikliği gidermeye, ayrıca embriyo gelişimi ve çıkım sonrası erken büyümeyi destekleyebilir. Nouri Sanami ve diğerleri (2014) *IOB* yoluyla 0,5 ml Arj solüsyonu (60 mg/yumurta) uygulanmasının, kontrol gruplarına kıyasla yumurtadan çıktıktan sonraki ilk 21 gün boyunca etlik piliçlerde yem tüketimi (YT) ve CAA'nı önemli ölçüde artırdığı bulunmuştur. Bu bulgu, kanatlılarda optimal büyüme ve sağlığı desteklemek için *IOB* yoluyla yeterli Arj seviyelerinin sağlayabileceğini vurgulamaktadır.

Sonuç olarak, *IOB* yöntemi civcivlerin vücut ve organlarının erken büyümesini desteklemek, yumurtadan çıkım ile ilk yem alımı arasındaki kritik dönemde besin eksikliklerini gidermek ve nihayetinde daha iyi bir genel gelişimi teşvik etmek için önemli bir yaklaşımdır.

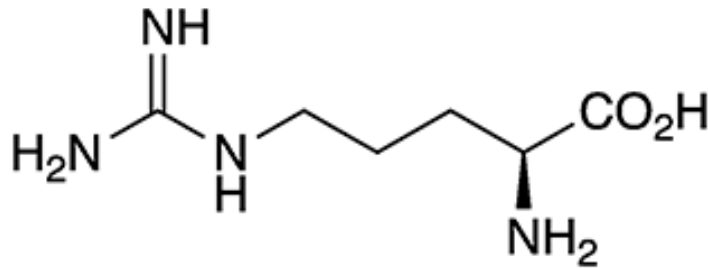
## 2.6. Arjinin

Protein, NO ve poliaminlerin sentezi de dahil olmak üzere canlı organizmanın çeşitli metabolik süreçlerinde Arj'in hayati rolleri vardır (Smith ve diğerleri, 2020). Arjinin yarı-

esansiyel bir amino asit olarak kabul edilir, çünkü endojen olarak sentezlenebilmesine rağmen, hızlı büyüme, hastalık veya stres dönemlerinde eksikliği rasyon içeriği ile telafi edilmelidir. Arjinin'in azot atomları bağışlayabilme özelliğiyle karaciğerde amonyağın detoksifikasyonuna yardımcı olması, üre döngüsünde onu vazgeçilmez kılar. Ayrıca, kas hücrelerinde enerji üretimi için kritik olan kreatin sentezi için bir ön madde görevi görür. Arjinin'in biyolojik işlevlerdeki çok yönlülüğü ve önemi, beslenme ve tedavi uygulamalarındaki değerini vurgulamaktadır (Wu ve diğerleri, 2009).

### 2.6.1. Arjinin'in Kimyasal Yapı ve Fizyokimyasal Özellikleri

Doğada, Arj'in L-izomeri bulunur ve yaygın olarak L-Arj olarak adlandırılır (Bielka ve diğerleri, 1984). Moleküler formülü  $C_6H_{14}N_4O_2$  olup (Resim 2), molar kütlesi 174,20 g/mol'dür. Yaygın şekilde üretilen arjinin hidroklorür, renksiz veya beyaz kristaller halinde bulunur ve kokusuzdur. Arjinin, yapısında bir  $\alpha$ -amin grubu ve bir  $\alpha$ -karboksilik asit grubu bulunur, ayrıca yan zinciri oluşturan bir guanidin grubuyla sonlanan üç karbonlu alifatik düz bir zincire sahiptir. Fizyolojik pH seviyelerinde (10.5-12.5), karboksilik asit grubu proton vermiş ( $-COO^-$ ) ve amin grubu proton almış ( $-NH_3^+$ ) olarak bulunur. Ayrıca, guanidin grubu proton almış guanidinyum iyonunu ( $-C-(NH_2)_2^+$ ) oluşturur, bu da Arj'e elektron yükü kazandırarak onu alifatik bir amino asit olarak sınıflandırır (Morris Jr, 2009).



**Resim 2.** L-arjinin'in moleküler yapısı (American Chemical Society, 2017).

### **2.6.2. Arjinin Metabolizması**

Arjinin, özellikle hızlı büyüme, travma veya açlık dönemlerinde, kanatlılar ve genç memeliler de dahil olmak üzere çeşitli hayvan türleri için hayati bir öneme sahiptir. Özellikle kanatlılar, üre döngüsü enzimlerinin bulunmaması nedeniyle Arj'i endojen olarak sentezleyemezler, bu da besinsel gereksinimlerini karşılamak için dışarıdan alınmasını zorunlu kılar (Lewis ve diğerleri, 1963). Ayrıca, proteinler, kreatin, ornitin, NO, glutamat, poliaminler, prolin, glutamin, agmatin ve dimetil arjinin'ler gibi birçok biyolojik olarak aktif molekülün ön maddesi olarak işlev görür ve bunların her biri biyolojik ve fizyolojik işlevlerinde Arj'in kritik katkılarından faydalanır (Morris Jr, 2009).

Arjinin, mTOR sinyal yolu aracılığıyla protein sentezine doğrudan katılarak büyüme ve kas gelişimi açısından önemini göstermektedir (You ve diğerleri, 2015). Ayrıca, Arj nitrik oksit sentaz enzimi tarafından metabolize edilerek sitrülün ve NO'ü üretir. Bu reaksiyon sonucunda nitröz asit ve nitrit oluşur, bunlar daha sonra karaciğerde toksik olmayan azot bileşiklerine dönüştürülerek vücuttan atılır. Bu süreç, Arj'in başlıca metabolik yollarından birini temsil eder (Pereira ve diğerleri, 2013). Ayrıca Arj, arjinin dekarboksilaz enzimi aracılığıyla kreatin'e dönüştürülerek fosfokreatin üretimine yol açar. Fosfokreatin, kas dokularında enerji depolanması ve sağlanması açısından hayati öneme sahiptir (Di Giorgio ve diğerleri, 2023). Arjinin ayrıca arjinin-glisin amidinotransferaz enzimi ile agmatin'e dönüşür ve arjinaz aktivitesi yoluyla ornitin ve üre üretir. Ornitin daha sonra prolin ve glutamat'a dönüştürülerek çeşitli metabolik süreçler için gerekli olan temel amino asitleri oluşturur (Caldwell ve diğerleri, 2018).

Kanatlılarda Arj'in ornitin döngüsü yoluyla parçalanması, amonyak üretimine neden olur, bu amonyak pürinlere dönüştürülerek ardından ürik asit'e parçalanır ve vücuttan atılır. Bu süreç, Arj'in azot dengesini korumadaki ve genel metabolik sağlığı desteklemedeki kritik rolünü vurgulamaktadır (Fathima ve diğerleri, 2024a).

### **2.6.3. Arjinin'in Kanatlı Beslemede Önemi**

Arjinin, genellikle hayvan beslenmesinde yetişkin memeliler için yarı-esansiyel veya koşullu esansiyel bir amino asit olarak sınıflandırılır (Fischer ve diğerleri, 2013). Ancak,

kanatlılar gereksinimlerini karşılamak için tamamen rasyonla alınan Arj'e bağımlıdırlar (Fathima ve diğerleri, 2024a). Bu fark, memelilerin üre döngüsü aracılığıyla Arj'i endojen olarak üretebilmesi nedeniyle, üreotelik (ureotelic) hayvanlar olmalarından kaynaklanmaktadır; oysa kanatlı türleri, urikotelik (uricotelic) hayvanlar olarak bu döngüyü tamamlayamazlar (Fathima ve diğerleri, 2024a). Tamir ve Ratner (1963) tavukların amonyak sabitlemesi için gerekli olan karbamoyl fosfat sentaz I enziminden yoksun olduklarını ve yalnızca minimal düzeyde aktif ornitin transkarbamidaz enzimi bulduklarını, bu enzimin sabit azotu ornitine transfer ederek sitrülün üretimini sağladığını göstermiştir; sitrülün, esansiyel bir üre döngüsü ara maddesidir. Bununla birlikte, neredeyse 30 yıl önce yapılan araştırmalar rasyonla alınan Arj'in ticari kanatlı yetiştirmek için hayati önemde olduğunu belirtmiştir (Fathima ve diğerleri, 2024a).

NRC (National Research Council) Kanatlıların Beslenme Gereksinimlerinin önerisine göre, etlik piliçlere 3. haftaya kadar %1,25 Arj içeren rasyonlar, 3. ile 6. haftalar arasında %1,10 ve 6. ile 8. haftalar arasında ise %1,00 Arj içeren rasyonlar verilmeli, ayrıca Arj ile lizin oranı sabit olarak 1,04 düzeyinde tutulmalıdır (NRC, 1994). Bu önerilerin uzun süredir yeterli olduğu kabul edilse de, kapsamlı araştırmalar etlik piliçlerin Arj ihtiyaçları, rasyon bileşimi ve çevresel faktörlere bağlı olarak önemli ölçüde değiştiğini göstermiştir (Ball ve diğerleri, 2007; Brugaletta ve diğerleri, 2023). Yapılan çalışmalar, etlik piliç rasyonlarına NRC önerileri veya yetiştirme şirketlerinin tavsiyeleri üzerinde Arj içeren ilavesinin, piçlerin sağlığını, büyüme performansını ve et kalitesini olumlu yönde etkilediğini vurgulamaktadır (Zampiga ve diğerleri, 2020). Ancak, etlik piliçlerde Arj'in metabolik ve sindirimsel işlevlerini tam olarak anlamak için daha fazla araştırma gereklidir.

### **2.6.3.1. Arjinin'in Büyüme Performansı Üzerine Etkisi**

Kanatlılar, memelilere kıyasla benzersiz şekilde yüksek bir Arj gereksinimine sahiptir (Ball ve diğerleri, 2007). Arjinin'in canlı organizmadaki çoklu işlevlerinden dolayı, kanatlı besleme alanında bir çok araştırmaya konu olmuştur. Örneğin, Cengiz ve Küçükersan (2010) etlik piliç gereksinim düzeyleri üzerinde L-Arj'i farklı dozlarda (%1,25, %1,50, %1,75 ve %2,00) rasyona ilave yaparak büyüme performansı üzerindeki etkilerini iki farklı dönemde: başlangıç dönemi (1–21. günler) ve büyütme dönemi (22–42. günler) değerlendirmişler. Sonuçlara göre, yüksek dozda L-Arj ilavesi başlangıç döneminde büyüme performansı

kriterlerini gerilemişken, büyütme döneminde olumlu etkiler göstermiştir. Yu ve diğerleri (2018) yumurtacı yarkaların büyütme döneminde (14-42. günler) rasyona katılan L-Arj'in farklı oranlarının (%1,19, %1,44, %1,69, %1,94 ve %2,19) etkilerini incelemiş; buna göre, %1,44 Arj katkı grubunda CA artmışken, %1,69, %1,94 ve %2,19% gruplarında gerilemiştir. Khajali ve diğerleri (2011) kanola küspesi bazlı etlik piliç rasyonuna %0,4 oranında L-Arj eklendiğinde, 3-6. ve 1-6. haftalık yaşlarda YT'ni ve CAA'nı önemli ölçüde artırdığını, ancak karkas verimi, karaciğer ağırlığı, göğüs ve but verimi üzerinde etkisinin olmadığını bulmuşlardır. Benzer şekilde, Ebrahimi ve diğerleri (2014) etlik piliç rasyonuna %0,00, %1,53, %1,68 ve %1,83 oranlarında L-Arj ilavesi yapılmasının, %1,68 dozla CA, CAA, YYO, ve karkas, göğüs ve but verimlerinin geliştiğini, ayrıca abdominal yağı oranının azaldığını bildirmiştir. Ayrıca, L-arj'in yüksek doz (%1,83) grubunun göğüs etinde kuru madde, ham protein ve yağ oranlarının arttığını, böylece kasta lipogenez gen ekspresyonun arttığını, ancak yağ dokusu ve karaciğerde azaldığını saptamışlardır. Bunlara karşın, Fernandes ve diğerleri (2009) 1-21. günler arasında etlik piliçlerde %1,30 (kontrol), %1,49, %1,59, %1,69 ve %1,79 L-Arj oranları ile yapılan rasyon zenginleştirmesinde CA, karkas ağırlığı, göğüs, but ve bacak verimleri üzerinde herhangi bir etkisi olmadığını belirtmiştir. Bu çalışmalar, Arj'in etlik piliç rasyonuna ilavesinin doğru konsantrasyonlarda büyüme performansını ve karkas özelliklerini olumlu yönde etkilediğini göstermektedir.

### **2.6.3.2. Arjinin'in Bağışıklık Sistemi Üzerine Etkisi**

Arjinin'in immünomodülasyon özellikleri, NO sentezi, lenfositlerin çoğalması ve sitokin üretimi ile olan rolünden kaynaklanmaktadır (Khalajai ve Wideman, 2010; Wu ve diğerleri, 2009). Yapılan çalışmalar, hem *in ovo* hem de rasyona Arj'in ilavesinin etlik piliçlerde bağışıklık fonksiyonu üzerindeki olumlu etkileri olduğunu vurgulamışlardır. Örneğin Liaqat ve diğerleri (2025), başlangıç ve büyütme rasyonlarına %1,2 ve %1,4 seviyelerinde L-Arj katkısının bağışıklık organlarının oransal ağırlıklarını önemli ölçüde artırdığını ve Newcastle hastalığı virüsüne karşı antikor titrelerini iyileştirdiğini gözlemlemişlerdir. Diğer bir çalışmada, Fatima ve diğerleri (2024b), %1.5 oranında rasyona L-Arj'in ilavesinin, etlik piliçlerde lipopolisakkaritlerle mücadele denemesinde dalak ve sekum'de IL-2, IL-6 ve TNF- $\alpha$  gibi bağışıklıkla ilişkili genlerin ifadelerinin artırdığını göstermiştir. Ayrıca aynı çalışmada, L-Arj katkısının heterofil: lenfosit oranının artırdığı ve

bunun Arj'le beslenen piliçlerde daha iyi stres direnci ve bağışıklık yeterliliği oluştuğunu olarak bildirmişlerdir. Öte yandan, Izadi Yazdanabadi ve diğerleri (2024) etlik piliç rasyonuna %1,0 ve %1,2 seviyelerinde L-Arj eklendiğinin enfeksiyöz bronşit virüsüne karşı antikor üretimi üzerinde önemli bir etkisi olmadığını bildirerek, Arj'in immünomodülasyon etkisinin doz, yaş ve hayvanların sağlık durumu gibi faktörlere bağlı olarak değişebileceğini öne sürmüşlerdir.

*In ovo* L-Arj uygulaması, çıkım sonrası bağışıklığın iyileştirilmesiyle ilişkilidir. Subramaniyan ve diğerleri (2019) inkübasyonun 18. gününde *in ovo* L-Arj enjeksiyonunun, yeni çıkmış civcivlerde bağışıklıkla ilişkili organ geliştirdiğini, örneğin bursa Fabricius ve timüs ağırlıklarını arttırdığını bildirmiştir. Benzer şekilde, Omid ve diğerleri (2020) kuluçka döneminde %0,5 ve %0,8 seviyelerinde yapılan L-Arj IOB'nin erken bağışıklık yanıtlarını geliştirdiğini (daha yüksek lenfositlerin çoğalması ve iyileşmiş makrofaj aktivitesi) belirtmiştir.

Bu bulgular, rasyon ve *in ovo* katkısı olarak Arj'in etlik piliçlerde bağışıklık fonksiyonunu geliştirmek için önemli bir potansiyelini olduğunu vurgulamaktadır. Ancak, yanıtların farklılık göstermesi, farklı üretim sistemleri ve sağlık koşullarına uygun optimize edilmiş stratejilerinin belirlenmesi için daha fazla araştırma yapılmasını gerektirmektedir.

### **2.6.3.3. Arjinin'in Göğüs Eti Kalitesi Üzerine Etkisi**

L-arjinin, nitrik oksit sentaz enzimi aracılığıyla sitrulin ve NO'e dönüştürülebilir (Wu ve diğerleri, 2009); bu, göğüs kasında ortaya çıkan miyopatilerde bozulduğu görülen kritik bir metabolik yolaktır (Ayansola ve diğerleri, 2021). Nitrik oksit güçlü vazodilatör özellikleriyle tanınır ve bu özellik göğüs kasına kan akışını artırarak, genellikle şiddetli odunumsu göğüs veya BÇ miyopatileriyle ilişkilendirilen hipoksik koşulları hafifletebilir (Ayansola ve diğerleri, 2021; Cònsolo ve diğerleri, 2020). Cengiz ve Küçükersan (2010), etlik piliç rasyonuna katılan L-Arj katkısını gereksinimin %100 üzerinde uyguladıklarında, serum NO seviyelerinin önemli ölçüde yükseldiğini bildirmiştir. Bodle ve diğerleri (2018) göre, etlik piliç rasyonunu L-Arj katkısıyla zenginleştirilmesi, ortalama odunumsu göğüs skorunu azaltmış, ancak BÇ oluşumu üzerinde herhangi bir etkisi olmamıştır. Ayrıca, başlangıç rasyonlarında L-Arj ile lizin oranını 1,12'den 1,20'ye, büyütme rasyonunda 1,14'ten 1,26'ya ve bitirme rasyonunda ise 1,15'ten 1,26'ya yükseltmenin, 45 günlük piliçlerde odunumsu göğüs

skorlarında benzer iyileşmeler sağladığını, ancak BÇ görülme sıklığının üzerinde önemli bir etki gözlemlenmemiştir. Zampiga ve diğerleri (2018) 1,15 ile 1,17 arasındaki L-Arj ile lizin oranının, et kalitesi özelliklerini veya göğüs kası miyopatilerinin (BÇ ve odunumsu göğüs) oluşumunu önemli ölçüde etkilemediğini bulmuşlardır. Bu bulgular, mevcutta önerilen seviyelerden daha yüksek düzeylerde Arj'in rasyona ilavesinin etlik piliçlerde göğüs miyopatilerini hafifletmek için bir strateji olarak potansiyelini olabileceğın vurgulamaktadır. Ancak yüksek dozda Arj'in göğüs etinde oluşan bozukluklar üzerindeki etkileri yeterince araştırılmamış ve tam olarak anlaşılmamıştır.

## 2.7. Hipotez

Yukarıda bahsedilen literatür ışığında, bu çalışma, *in ovo* ve rasyonla L-Arj'in ilavesinin, büyüme performansı, BÇ oluşumu, göğüs eti kalitesi ve bağışıklık sistemi üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamıştır. Böylece, L-Arj ilavesi ile büyüme performansı parametrelerin olumlu yönde etkilenmesi ve bağışıklık sistemini güçlendirmesi beklenmiştir. Ayrıca, L-Arj ilavesinin, güçlü bir vazodilatör olan endojen NO üretimini artırarak göğüs kasında kan dolaşımını iyileştirmesi beklenmiştir. Dolayısıyla çalışmamızda, L-Arj'in *in ovo* ve rasyon yoluyla uygulanmasının etlik piliçlerde büyüme performansının geliştirme, bağışıklık sisteminin güçlendirme, BÇ görülme sıklığı ve/veya şiddetinin azaltma, ve göğüs eti kalitesinin iyileştirme potansiyeline sahip olduğu hipotez edilmiştir.

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Kanatlı Araştırma Birimi'nde gerçekleştirilmiştir. Kullanılan tüm yöntemler, prosedürler ve uygulamalar, üniversitenin yerel hayvan bakım ve kullanım komitesinin yönergelerine uygun olup, çalışma başlamadan önce 23 Mayıs 2022 tarihli ve 64583101/2022/47 sayılı onay mektubu ile onaylanmıştır.

#### 3.1. Gereç

##### 3.1.1. Hayvan Materyali

Bu çalışmanın hayvan materyalini, 38 haftalık yaşında Ross 308 genotipine ait damızlık bir sürüden (EGE-TAV®, İzmir, Türkiye) temin edilen 780 adet kuluçkalık yumurta ve bu yumurtalardan elde edilen 432 civciv oluşturmuştur.

##### 3.1.2. Çalışma Rasyonları

Çalışmada kullanılan rasyonlar, Beslenme Spesifikasyonları kitapçığında (Aviagen, 2022) 2,0–3,5 kg kesim ağırlığına sahip Ross 308 genotipine ait etlik piliçler için belirtilen farklı beslenme dönemlerine (0–10. günler=başlangıç, 11–24. günler=büyütme, 25–39. günler=bitirme I, ve 40–47. günler=bitirme II) dayalı olarak formüle edilmiştir. Bu rasyonlar, bu dönemler için belirlenen metabolize edilebilir enerji ve besin gereksinimlerini karşılamak amacıyla mısır ve soya fasulyesi küspesi bazlı bir formülasyon kullanılarak hazırlanmıştır (Tablo 2). Rasyonların hazırlanmasında, %0.10 oranında bir vitamin-mineral karması (Broiler E30 VM; Yem-Vit®, İzmir, Türkiye) kullanılmıştır. Rasyonlar, hayvanların haftalık tüketim ihtiyaçlarını karşılamak için, azdan çoğa doğru artan miktarlarda yapılan karışımlar kullanılarak yeterli miktarlarda hazırlanmıştır.

**Tablo 2.** Beslenme dönemlerine göre bazal rasyonların kompozisyonu (doğal halindeki).

Rasyon hammaddesi (%)	Başlangıç	Büyütme	Bitirme I	Bitirme II
Mısır	53,30	55,50	57,50	58,50
Soya fasüliyesi küspesi	41,20	37,50	33,00	29,50
Ayçiçeği yağı	3,60	4,50	5,50	6,30
Di-kalsiyum fosfat	3,10	2,60	2,20	2,00
Kireçtaşı	0,50	0,05	0,01	0,02
DL-metiyonin	0,23	0,21	0,21	0,20
L-Lizin HCl	0,21	0,15	0,16	0,20
Tuz	0,35	0,35	0,35	0,35
Vitamin-mineral karması*	0,10	0,10	0,10	0,10
<b>Hesaplanmış besin madde içeriği</b>				
ME** (kkal/kg)	2982	3053	3108	3134
Ham protein (%)	23,09	21,54	19,62	18,08
Sindirebilir metiyonin (%)	0,55	0,51	0,49	0,46
Sindirebilir lizin (%)	1,32	1,19	1,08	1,03
Sindirebilir arjinin (%)	1,43	1,33	1,20	1,10
Kalsiyum (%)	1,040	0,757	0,635	0,582
Yararlanılabilir fosfor (%)	0,502	0,432	0,373	0,342

\* Her kilogram vitamin-mineral karmasının bileşeni: Retinol 12000000 IU, Kolekalsiferol 5000000 IU,  $\alpha$ -Tokoferol 100000 mg, Menadion 4000 mg, Tiamin 3000 mg, Riboflavin 8000 mg, Nikotinik amid 70000 mg, Pantotenik asit 20000 mg, Pridoksin hidroklorür 5000 mg, Siyanokobalamin 30 mg, Folik asit 2000 mg, D-biyotin 200 mg, Kolin klorür 25000 mg, Etoksiokin 125000 mg, Manganez oksit 150000 mg, Demir sülfat monohidrat 120000 mg, Çinko oksit 120000 mg, Bakır sülfat pentahidrat 12000 mg, Kalsiyum iyot 3000 mg, Kobalt 200 mg, Sodyum selenit 225 mg, Kalsiyum karbonat (taşıyıcı olarak) %21.

\*\* metabolize edilebilir enerji

L-arjinin eklenen rasyonlar hazırlanmasında, Ross 308 etlik piliçlerinin gereksiniminden %100 daha yüksek bir seviyede L-Arj katkısı (saflık oranı %99; L-arginin HCL, Shijiazhuang Haitian Amino Acid Co., Ltd. Çin) bazal rasyonlara eklenmiştir. Bu rasyonlara eklenen L-Arj miktarları Tablo 3'te sunulmuştur.

**Tablo 3.** Çalışma rasyonlarına katılan L-arjinin miktarlar ve uygulamasına ilişkin bilgiler.

Katkı	Uygulama yolu	Dozaj	Katılma miktarı (g/kg yem)	Uygulama sıklığı
L-arjinin	rasyonla	%100 gereksinimin üstünde	- Başlangıç: 14,0 - Büyütme: 12,7 - Bitirme I: 11,7 - Bitirme II: 11,2	Sürekli yem tüketimi ile

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Çalışma Deseni ve Grupları

Çalışma, tamamen rastgele 3×2 faktöriyel bir deneme desenini (üç *IOB* grubu ve iki rasyon grubu) izleyerek iki aşamadan oluşmuştur: yumurta inkübasyonu ve çıkım sonrası civcivlerin yetiştirilmesi. İlk aşamada, yumurtalar üç eşit gruba ayrılmıştır: *IOB* yok grubu (negatif kontrol), tuz ile *IOB* grubu (pozitif kontrol) ve L-Arj ile *IOB* grubu. İnkübasyon aşamasında her grup 12 tekrardan oluşmuştur. Sonraki aşamada, yetiştirme boyunca hayvanların yarısı bazal rasyonlarla beslenirken, diğer yarısının rasyonlarına L-Arj ilavesi yapılmış, böylece bu aşamada çalışma altı farklı gruba genişleterek yürütülmüştür. Ayrıca bu aşamada her grup 6 tekrardan oluşmuştur. Yukarıda anlatılan deneme deseni Tablo 4'te özetlenmiştir. Çalışma toplamda 68 gün sürmüştür, bunun içinde 21 günlük inkübasyon süresi ve ardından 47 günlük yetiştirme süresi bulunmaktadır.

**Tablo 4.** Çalışma deseni ve grupları.

<b>Gruplar</b>	<b><i>In Ovo</i> Besleme</b>	<b>Rasyonda L-Arj</b>
<i>I</i>	yok	yok
<i>II</i>	yok	var
<i>III</i>	var (tuz)	yok
<i>IV</i>	var (tuz)	var
<i>V</i>	var (L-Arj)	yok
<i>VI</i>	var (L-Arj)	var

### 3.2.2. Yumurtaların İnkübasyonu

Çalışmada, toplam 780 dömlü yumurtalar önce tartıldı ve daha sonra benzer yumurta ağırlıklarıyla ( $63,53 \text{ g} \pm \%1$ ) üç gruba (260 yumurta/grup) ayrıldı. Yumurtalar, inkübatörde (Cimuka T1280C; Cimuka Kuluçka Makineleri®, Ankara, Türkiye) 12 tepsiye yerleştirildi ve her tepsi bir tekrarı temsil etmiştir. Yerleştirildikten sonra, yumurtalar önce ön inkübasyon koşullarına (27 °C ve %60 nem, 6 saat) tabi tutuldu, ardından inkübasyon süresi boyunca (21

gün) standart inkübasyon koşullarına ( $37,8 \pm 0,1$  °C ve %60 nem) geçiş yapılmıştır. İnkübasyonun 17. gününde, döllenmemiş veya gelişmemiş embriyolar içeren yumurtaların elenmesi için yumurtalar ışıkla kontrol edildi.

Çıkım süreci sırasında, önce yumurtalar inkübasyonun 432. saatinde (19. günün başı) çıkım sepetlerine yerleştirildi. Bu dönemde, ilk dış pipping yaklaşık olarak 464. saatte gerçekleşti, ardından civcivlerin çıkımı başlamıştır. Kuluçka parametrelerinin hesaplanmasında, 520. saate kadar gerçekleşen çıkmalar dikkate alınmıştır.

Kuluçka randımanının, inkübasyon koşullarının, *IOB*'nin etkisinin ve genel inkübasyon başarısının değerlendirilmesine ilişkin aşağıdaki formüller kullanılmıştır:

$$1. \text{ Döllülük oranı} = \frac{\text{Döllü yumurta sayısı}}{\text{Kuluçkalanen yumurta sayısı}} \times 100$$

$$2. \text{ Çıkım gücü} = \frac{\text{Çıkım yapan civciv sayısı}}{\text{Döllü yumurta sayısı}} \times 100$$

$$3. \text{ Kuluçka randımanı} = \frac{\text{Çıkım yapan civciv sayısı}}{\text{Kuluçkalanen yumurta sayısı}} \times 100$$

### 3.2.3. *In Ovo* Besleme Solüsyonları ve Uygulanması

Tüm *IOB* çözeltileri, inkübasyonun 17. gününde taze olarak hazırlanmış ve uygulamadan önce 2 saat boyunca inkübatörde ( $37,8$  °C) tutulmuştur. Pozitif kontrol grubu için, kanatlılarda fizyolojik tuz seviyesini temsil eden %0,75 konsantrasyonunda (Gao ve diğerleri, 2017a) tuz (saflık %99; Sodyum klorür, Sigma-Aldrich, Steinheim, Almanya) çözeltisi (7,5 g tuz, bir litre steril distile suda çözülmüştür) uygulanmıştır. L-arjinin ile *IOB* için ise, %1,5 düzeyinde L-Arj (saflık %99; L-arginin HCL, Shijiazhuang Haitian Amino Acid Co., Ltd. Çin) çözeltisi (15 g L-Arj bir litre %0,75 tuz çözeltisinde çözülmüştür) hazırlanmıştır (Tablo 5).

**Tablo 5.** *In ovo* çözeltileri ve uygulamasına ait ayrıntılar.

Solüsyon	Uygulama yolu	Dozaj (%/L)	Enjeksiyon miktarı (mL/yumurta)	Uygulama zamanı
tuz	<i>in ovo</i>	0,75	0,5	inkübasyonun 17,5. günü
L-Arj	<i>in ovo</i>	1,5	0,5	inkübasyonun 17,5. günü

*In ovo* besleme uygulaması için, önce amniyonun konumu inkübasyonun 17,5. gününde bir el feneri kullanılarak tespit edildi. Ardından, yumurta kabuğunda (hava hücresinin alt kısmında) 21-gauj iğne ile bir delik açıldı. Sonrasında, bir otomatik enjeksiyon cihazı (ECONOMIC® 1 ml, Henke Sass Wolf, Tuttlingen, Almanya) kullanarak, 26-gauj iğne ile yaklaşık 10 mm derinliğe kadar içeriye girildi ve 0,5 mL ilgili grubun çözeltisi amniyon kesesine enjekte edilmiştir. Enjeksiyonun hemen ardından, yumurta kabuğundaki delik eritilmiş parafin ile kapatıldı ve yumurta inkübasyon tepsisine geri konulmuştur. Çapraz kontaminasyonu önlemek amacıyla, uygulama ortamı, ekipman ve enjeksiyon bölgesindeki yumurta kabuğunun yüzeyi, *IOB* işlemi öncesinde, %70 etanol çözeltisi ile dezenfekte edilmiştir. Çalışmada *IOB* uygulaması toplam süre yaklaşık 100 dakikayı (yumurta başına yaklaşık 20 saniye) kapsamıştır. Şekil 3, bu çalışmada gerçekleştirilen *IOB* operasyonunu göstermektedir. Bu operasyon sürecinde negatif kontrol grubu için ayrılan yumurtaların üzerinde herhangi bir uygulama yapılmamıştır.



A



B



C



D

**Resim 3.** Çalışmada *in ovo* besleme uygulaması; A) Enjeksiyon bölgesinin dezenfeksiyonu, B) Yumurta kabuğunun delinmesi, C) Amniyon sıvısına çözelti enjeksiyonu, D) Eritilmiş parafin ile deliğin kapatılması.

#### 3.2.4. Çıkım Gününde Yapılan Ölçüm ve Prosedürler

Çıkım günü toplam 90 civciv (her gruptan 30 civciv) servikal dislokasyon yöntemiyle ötenazi edilmiş ve her civcivde organların (kalp, dalak ve bursa Fabricius) ağırlıkları kaydedilmiştir. Oransal organ ağırlıkları, civciv ağırlığının yüzdesi olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, tüm civcivlerin cinsiyeti, kanat tüylerinin görsel incelemesiyle belirlenmiştir.

### 3.2.5. Hayvanların Genel Bakımı

Toplamda 36 yer bölmesi, detaylı temizlik ve dezenfeksiyon yapıldıktan sonra kurulmuştur. Bu bölmelerin her biri birer tekrarı temsil etmiştir. Her bölmede, yemlik ve sulukların işgal ettiği alan dışında 1 m<sup>2</sup> alan sağlanmıştır. Altlık malzemesi olarak yaklaşık 5-8 cm kalınlığında çam talaşı serilmiştir. Her bölmede bir yemlik ve üç adet nipple suluk kullanılmıştır. Her bölmeye, eşit sayıda erkek ve dişi (6 erkek ve 6 dişi) olmak üzere toplamda 12 civciv yerleştirilmiş, ayrıca tüm bölmelere yerleştirilen civcivlerin eşit ağırlıklarda olmasına özen gösterilmiştir. Çalışma odaları ilk hafta boyunca 32°C sıcaklık sağlanacak şekilde ısıtılmıştır. Sonraki haftalarda sıcaklık her hafta 3-4 °C azaltılmış, ancak 3. haftadan itibaren çalışma sonuna kadar ortam sıcaklığının 24°C olmasına özen gösterilmiştir. 47 gün yetiştirme dönemi daha önce belirtilen dört beslenme dönemine (başlangıç, büyütme, bitirme I ve bitirme II) ayrılmıştır. Yetiştirme dönemi boyunca hayvanların yeme ve suya *ad libitum* erişim sağlamış, aydınlatma programı ise 23:1 olarak uygulanmış, ayrıca hayvanlara herhangi bir aşı yapılmamıştır.

### 3.2.6. Büyüme Performansı

Etlik piliçlerin büyüme performansı, CA, CAA, YT ve YYO açısından değerlendirilmiştir. Yetiştirmenin 0, 10, 24, 39 ve 47. günlerinde her bölmedeki hayvanlar CA'ı tartımla belirlendi, ve CAA fark yöntemiyle hesaplandı. Her bölmedeki YT dönem başından yemliğe eklenen yem miktarları ve dönem sonunda kalan yem miktarlarını dikkate alarak belirlenmiştir. Her dönemdeki YT miktarının CAA'na oranı, döneme ait YYO olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, her grupta ölen civciv sayısı, grup içindeki toplam civciv sayısına oranlanarak periyodik olarak kaydedilmiştir. Ölüm oranını hesaplamak için, her grupta ölen hayvan sayıları dikkate alınmıştır.

### 3.2.7. Kesim

Yetiştirmenin sonunda (47. gün), her gruptan 54 piliç (27 erkek ve 27 dişi) olmak üzere toplam 324 etlik pilicin kafaları kesildi, kan akıttıktan sonra sıcaklığı yaklaşık 55°C'de olan

daldırma kazanında (Cimuka Kuluçka Makineleri, Ankara, Türkiye) piliçlerin vücudu 1,5 dakika süreyle bekletildi, ardından tüy yolma makinesi (Cimuka Kuluçka Makineleri, Ankara, Türkiye) kullanılarak tüyler temizlendi ve karkaslar diseksiyonla açıldı.

### **3.2.8. Karkas Özellikleri ve Lenfoid Organ Ağırlıkları**

Her bir gruptan 18 kesilmiş piliçte (bölme başına 3 piliç) karkas (tam karkas), kalp, Lenfoid organlar (dalak ve bursa Fabricius) ve abdominal yağı ayrıldı ve tartıldı. Organ ve abdominal yağın ağırlıkları, tam karkasın yüzdesi olarak hesaplanırken, sıcak karkas randımanı kesim ağırlığının yüzdesi olarak hesaplanmıştır.

### **3.2.9. Göğüs Eti Kalitesinin Belirlenmesi**

Her bir gruptan 18 kesilmiş piliçte (bölme başına 3 piliç) et kalitesini belirlemek için sol taraf göğüs filetoları karkastan ayrıldı ve kesim sonrası 24 saat boyunca +4°C'a ayarlanmış soğutucuda (450 NF; Indesit Company S.p.A., Pero, İtalya) saklandı. Göğüs eti kalitesinin belirlenmesinde kesim sonrası 24. ve 48. saatlerde aşağıdaki ölçümler ve analizler yapılmıştır.

#### **3.2.9.1. pH**

Kesim sonrası 24. ve 48. saatlerde, suya dayanıklı bir pH metre (Testo 205; Testo Inc., Lenzkrich, Almanya) probu *Pectoralis major* kasının 2,5 cm derinliğe kadar saplandı. Göğüs etinin üst kısmının üçte biri üzerinde, farklı noktalardan (kranial, kranio-aksiyel ve kranio-abaksiyel olmak üzere) üç ölçüm alınmıştır.

#### **3.2.9.2. Renk**

Et rengi kesim sonrası 24. ve 48. saatlerde, *Pectoralis major* kasının kranial bölgesinde bir kromametre (Minolta CR400; Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japonya) kullanılarak,

Commission Internationale de l'Éclairage (CIE; Uluslararası Aydınlatma Komitesi) standartlarına göre L\*, a\* ve b\* değerleri olarak ifade edilmiştir.

### **3.2.9.3. Su Tutma Kapasitesi**

Göğüs etinin STK kesim sonrası 24. saatte, Barton-Gade ve diğerleri (1993) tarafından tarif edilen basınç yöntemiyle ölçüldü. Bunun için *Pectoralis major* kasın kranial bölümden ince doğranmış belli bir miktar (yaklaşık 5 g), iki kat Whatman filtre kağıdı No. 1 arasında 2250 g'lık bir ağırlıkla 5 dakika boyunca sıkıştırıldı. Filtre kağıdındaki numune ağırlığının başlangıç ve bitiş değerleri arasındaki farkın başlangıç ağırlığına oranı yüzde olarak hesaplandı. Bu değer 100'den çıkarılmasıyla, STK yüzdesi elde edilmiştir.

### **3.2.9.4. Pişirme Kaybı**

Göğüs etinin pişirme kaybı kesim sonrası 24. saatte, Honikel (1998) tarafından tarif edilen metoda göre ölçüldü. Filetonun kranial kısmından belli bir miktar (yaklaşık 20 g) göğüs et örneği, numaralı etiketle bağlanmış bir plastik torbaya sarıldı ve 80°C'e ayarlanmış su banyosunda (NB 20; Nüve Sanayi Malzemeleri İmalat ve Ticaret A.Ş., Ankara, Türkiye) yaklaşık bir saat boyunca pişirildi. Pişirdikten sonra örnek kağıt havlu ile kurularak tartıldı. Örneğin başlangıç ve son ağırlıkları arasındaki fark hesaplandı ve pişirme kaybı yüzdesi olarak ifade edilmiştir.

### **3.2.10. Göğüs Etinin Kimyasal Bileşimi**

Saklanan göğüs eti örnekleri (grup başına 18 örnek), besin bileşimi (kuru madde, ham protein, ham yağ ve ham kül) için analiz edilmiştir. Filetonun kranial üçte biri, göğüs etinin bileşimi ile ilgili analizler için kullanılmıştır. Tüm prosedürler, Resmi Analitik Kimyagerler Derneği (AOAC, 2000) tarafından uyarlanmıştır. Örnekler, kuru ağırlık elde edilene kadar 65°C'de sıcak hava fırınında kurutulmuş ve kuru madde hesaplanmıştır (metot 934.01). Kurutulmuş göğüs eti örnekleri daha ileri analiz için öğütülmüş, ham protein için Kjeldahl

yöntemi (metot 954.01), ham yağ için Soxhlet cihazı (metot 920.39) ve ham kül için kül fırını (metot 942.05) kullanılmıştır.

### **3.2.11. Kan Örneklerinin Alınması ve Serum Trigliserit, Nitrik Oksit ve İmmünoglobulin G Düzeylerinin Belirlenmesi**

Kanın örnekleri, kesim sırasında grup başına 18 pilicin jugular damarından boş kan tüplerine alındı. Tüplerdeki kan örnekleri pıhtılaşması için bekletildikten sonra, 4000 rpm hızda 15 dakika süreyle santrifüj (Nüve Endüstriyel Malzeme Üretim ve Ticaret AŞ, Ankara, Türkiye) edilmiştir. Elde edilen serumlar Eppendorf tüplerine ayrıldı ve ileri analizler için – 20°C'e ayarlanmış dondurucuda saklanmıştır.

Serum trigliserit (TG), NO ve immünoglobulin G (İgG) seviyeleri ticari test kitleri kullanılarak belirlenmiştir. Serum TG düzeyleri, fotometrik yöntemler kullanan tamamen otomatik bir biyokimyasal analizör (Cobas c311; Roche Diagnostics GmbH, Mannheim, Almanya) ile bir test kiti (Roche Diagnostics GmbH, Mannheim, Almanya) kullanılarak ölçülmüştür. Serum NO düzeyleri, Nitric Oxide Assay Kit (Nitrate Reductase Method; Nanjing Jiancheng Bioengineering Institute, Çin) kullanılarak fotometrik yöntemlerle ölçülmüştür. Serum İgG düzeyleri, Chicken Immunoglobulin G ELISA Kit (Beijing Solarbio Science and Technology, Çin) kullanılarak tamamen otomatik bir mikrotiter plak okuyucusu (Thermo Fisher Scientific, ABD) ile belirlenmiştir.

### **3.2.12. Göğüs Kasında Beyaz Çizgi Skorlanması**

Her gruptan 54 pilicin (toplamda 324 piliç) göğüs filetosu, kesim işleminden hemen sonra BÇ için skorlandı. Kesim ve tüylerin temizlenmesinin ardından, her karkasın göğüs bölgesindeki deri çıkarıldı. Kuttappan ve diğerleri (2013c) tarafından tanımlanan üç dereceli görsel skorlama yöntemi, etlik piliçlerinin göğüs kasındaki BÇ'nin görülme sıklığını ve şiddetini değerlendirmek için kullanıldı. Buna göre, göğüs kasında BÇ'nin bulunmaması 0 (sıfır) olarak skorlanırken, 1 mm'den az veya daha fazla kalınlığa sahip BÇ olan filetolara sırasıyla 1 veya 2 skorları verilmiştir.

### 3.2.13. İstatistiksel Analizler

Verilerin istatistiksel analizleri, bilgisayar tabanlı bir yazılım paketi (JMP Pro13; SAS Institute Inc., 2017) kullanılarak yapılmıştır. Verilerin normalliği, Shapiro-Wilk W Testi ile test edilmiş ve normallik göstermeyen veriler için logaritmik transformasyonu uygulanmıştır.

Oransal organ ağırlıkları, büyüme performansı, sıcak karkas randımanı ve özellikleri, serum parametreleri, göğüs eti kalite özellikleri ve göğüs eti kimyasal kompozisyonu üzerindeki çalışma uygulamaların etkilerini değerlendirmek için Genel Doğrusal Model (GLM) prosedürü uygulanmıştır ve tamamen rastgele tasarımda yapılmıştır. İnkübasyon parametreleri, mortalite ve göğüs etindeki BÇ durumu gibi karakteristik niteliğinde olan verileri, ki-kare analitik testi kullanılarak analiz edilmiştir. Tüm testler ve analizler, Tukey HSD post-hoc testi kullanılarak, 0,05'ten düşük p değeri (%95 güven aralığı) ile önemli kabul edilmiştir. Bulgular kısmında oranlar veya ortalama değerler, ve ortalama standart hatalar (SEM; havuzlanmış olarak) tablolarında sunulmuştur.

## 4. BULGULAR

### 4.1. İnkübasyon Parametreleri

Çalışmada kullanılan yumurtalarına ait inkübasyon parametreleri (döllülük oranı, çıkım gücü ve kuluçka randımanı) Tablo 6'da özetlenmiştir. *In ovo* beslemenin inkübasyon parametreleri üzerindeki etkisi önemli bulunmamıştır.

**Tablo 6.** Kuluçka döneminde *in ovo* beslemenin inkübasyon parametreleri üzerine etkilerine ait oranlar.

Uygulamalar	<i>n</i>	Döllülük oranı (%)	Çıkım gücü (%)	Kuluçka randımanı (%)
<i>IOB</i> <sup>1</sup> yok	260	96,9	90,8	90,5
<i>IOB</i> var (tuz)	260	95,0	88,5	87,9
<i>IOB</i> var (Arj <sup>2</sup> )	260	94,6	90,4	89,8
	<b>SEM</b>	0,040	0,038	0,035
	$\chi^2$	1,855 (p=0,396)	0,873 (p=0,646)	0,980 (p=0,613)

<sup>1</sup> *IOB*= *in ovo* besleme

<sup>2</sup> Arj= L-arjinin

### 4.2. Çıkımda Cıvciv ve Oransal Organ Ağırlıkları

Çalışmanın çıkım gününde cıvciv ağırlıkları (g) ve oransal organ ağırlıkları (%) Tablo 7'de gösterilmiştir. Cıvcivlerin ağırlıkları gruplar arasında önemli bir farklılık göstermemiştir. *In ovo* beslemenin dalak oransal ağırlığı üzerindeki etkisi önemli olmamış, ancak Arj ile *IOB* uygulanan grupta kalp ve bursa Fabricius oransal ağırlıkları, negatif kontrol (*IOB* yok) ve pozitif kontrol (tuz ile *IOB*) gruplarına kıyasla daha yüksek bulunmuştur (p<0,001).

**Tablo 7.** Çıkım gününde *in ovo* beslemenin ortalama civciv ve oransal organ ağırlıkları üzerine etkilerine ait ortalama değerler.

<b>Uygulamalar</b>	<b><i>n</i></b>	<b>Civciv ağırlığı (g)</b>	<b>Kalp (%)</b>	<b>Dalak (%)</b>	<b>Bursa Fabricius (%)</b>
<i>IOB</i> <sup>1</sup> yok	30	41,73	0,47 <sup>b</sup>	0,023	0,045 <sup>b</sup>
<i>IOB</i> var (tuz)	30	40,25	0,49 <sup>b</sup>	0,024	0,047 <sup>b</sup>
<i>IOB</i> var (Arj <sup>2</sup> )	30	40,31	0,52 <sup>a</sup>	0,024	0,052 <sup>a</sup>
<b>SEM</b>		0,350	0,004	0,0003	0,0004
		----- <b>p</b> -----			
		0,157	p<0,001	0,370	p<0,001

<sup>a, b</sup> aynı sütünde farklı harfler ile gösterilen ortalamalar aralarında istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmuştur.

<sup>1</sup> *IOB*= *in ovo* besleme

<sup>2</sup> Arj= L-arjinin

### 4.3. Büyüme Performansı

#### 4.3.1. Canlı Ağırlık

Çalışmada etlik piliçlerin farklı günlere ait CA (g/piliç) değerleri Tablo 8'de sunulmuştur. Büyütme döneminin 0, 24, 39 ve 47. günlerinde gruplar arasında CA açısından önemli bir farklılık bulunmamıştır. Ancak, 10. günde *IOB*'nin CA üzerindeki etkisi önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuş; buna göre, Arj ile *IOB* grubundaki etlik piliçlerin CA değeri, negatif kontrol (*IOB* yok) ve pozitif kontrol (tuz ile *IOB*) gruplarına kıyasla daha yüksek olarak gözlemlenmiştir.

**Tablo 8.** Büyütmenin farklı günlerinde (0, 10, 24, 39, 47. günler) çalışma gruplarına ait canlı ağırlık (g/piliç), ve L-arjinin'in *in ovo* ve rasyonla verilmesinin etkilerine ait ortalama değerler.

Gruplar	Uygulamalar		n	Günler									
	In ovo besleme	Rasyonda Arj <sup>1</sup>		0		10		24		39		47	
				(g/piliç)	n	(g/piliç)	n	(g/piliç)	n	(g/piliç)	n	(g/piliç)	n
I	yok	yok	72	40,77	66	205,29	66	947	66	2266	66	3047	
II	yok	var	72	40,26	66	203,32	66	900	66	2226	66	3116	
III	var (tuz)	yok	72	40,14	69	204,66	69	982	69	2328	68	3125	
IV	var (tuz)	var	72	40,42	65	204,08	65	920	65	2287	65	3096	
V	var (Arj)	yok	72	40,09	72	213,35	72	941	72	2265	72	3047	
VI	var (Arj)	var	72	40,16	72	216,53	72	938	72	2321	72	3151	
			<b>SEM</b>	0,37		4,43		28,46		54,39		60,97	
<b>In ovo besleme</b>	yok			40,51		204,32 <sup>b</sup>		924		2246		3081	
	var (tuz)			40,28		204,38 <sup>b</sup>		952		2308		3111	
	var (Arj)			40,12		214,94 <sup>a</sup>		940		2293		3100	
<b>Rasyonda Arj</b>	yok			40,35		208,11		954		2282		3068	
	var			40,27		208,53		920		2278		3124	
<b>ANOVA</b>				<b>p</b>									
<b>In ovo besleme</b>				0,467		0,009		0,578		0,413		0,870	
<b>Rasyonda Arj</b>				0,844		0,951		0,079		0,830		0,294	
<b>In ovo besleme*Rasyonda Arj</b>				0,474		0,791		0,493		0,495		0,496	

<sup>a, b</sup> aynı sütun içinde farklı harfler ile gösterilen ortalamalar aralarında istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmuştur.

<sup>1</sup> Arj= L-arjinin

### 4.3.2. Canlı Ağırlık Artışı

Çalışma etlik piliçlerinin farklı dönemlere ait CAA (g/piliç) değerleri Tablo 9'da sunulmuştur. 0–10. günler arasında, Arj ile *IOB*'nin CAA üzerine etkisi önemli ( $p<0,01$ ) bulunmuş; buna göre, Arj ile *IOB* grubundaki etlik piliçlerin CAA değeri, negatif kontrol (*IOB* yok) ve pozitif kontrol (tuz ile *IOB*) gruplarına kıyasla daha yüksek gözlemlenmiştir. Ayrıca 11–24. günler arasında, L-Arj katkısıyla beslenen etlik piliçlerin CAA, bazla rasyonla beslenenlere kıyasla daha düşük bulunmuştur (711 g'a karşı 747 g;  $p<0,05$ ). Ancak 25–39. günler arasında, gruplar arasında CAA açısından önemli bir farklılık gözlemlenmemiştir.

40–47. günler arasında, rasyonda Arj'in etkisi önemli bulunmuş ( $p<0,001$ ), ayrıca bu dönemde *in ovo* besleme ve rasyonda Arj interaksiyonun CAA üzerinde etkileri önemli ( $p<0,001$ ) gözlemlenmiş; buna göre grup II (*IOB* yok+rasyonda Arj var)'deki etlik piliçler diğer gruplara kıyasla en yüksek CAA'na sahip olmuşlardır. Çalışmada genel CAA (0-47. günler), yetiştirme süresi boyunca herhangi bir çalışma uygulamasından etkilenmemiştir.

**Tablo 9.** Büyütmenin farklı dönemlerinde (0-10, 11-24, 25-39, 40-47, ve 0-47. günler) çalışma gruplarına ait canlı ağırlık artışı (g/piliç), ve L-arjinin'in *in ovo* ve rasyonla verilmesinin etkilerine ait ortalama değerler.

Gruplar	Uygulamalar		n	Günler								
	<i>In ovo</i> besleme	Rasyonda Arj <sup>1</sup>		0-10 (g/piliç)	n	11-24 (g/piliç)	n	25-39 (g/piliç)	n	40-47 (g/piliç)	n	0-47 (g/piliç)
I	yok	yok	72	164,48	66	740	66	1319	66	758 <sup>b</sup>	66	3006
II	yok	var	72	163,10	66	694	66	1326	66	890 <sup>a</sup>	66	3075
III	var (tuz)	yok	72	164,57	69	775	69	1347	69	797 <sup>b</sup>	68	3085
IV	var (tuz)	var	72	163,61	65	716	65	1367	65	809 <sup>b</sup>	65	3056
V	var (Arj)	yok	72	173,27	72	726	72	1324	72	782 <sup>b</sup>	72	3007
VI	var (Arj)	var	72	176,37	72	722	72	1382	72	810 <sup>b</sup>	72	3111
			<b>SEM</b>	4,53		24,26		28,31		18,11		60,99
<b><i>In ovo</i> besleme</b>	yok			163,80 <sup>b</sup>		718		1322		823		3041
	var (tuz)			164,11 <sup>b</sup>		747		1357		803		3071
	var (Arj)			174,82 <sup>a</sup>		724		1353		796		3060
<b>Rasyonda Arj</b>	yok			167,76		744		1328		778		3028
	var			168,27		710		1358		838		3084
<b>ANOVA</b>				<b>p</b>								
<b><i>In ovo</i> besleme</b>				0,007		0,441		0,327		0,187		0,869
<b>Rasyonda Arj</b>				0,940		0,045		0,176		<i>P</i> <0,001		0,293
<b><i>In ovo</i> besleme*Rasyonda Arj</b>				0,821		0,427		0,539		<i>P</i> <0,001		0,493

<sup>a, b</sup> aynı sütun içinde farklı harfler ile gösterilen ortalamalar aralarında istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmuştur.

<sup>1</sup> Arj= L-arjinin

### 4.3.3. Yem Tüketimi

Etlik piliçlerin farklı dönemlere ait YT (g/piliç) miktarları Tablo 10'da gösterilmektedir. 0-10. günler arasında, L-Arj katkılı rasyonla beslenen etlik piliçlerin YT bazal rasyonla beslenenlere göre önemli düzeyde ( $p<0,05$ ) azalmıştır. Ancak, YT 11-24 ve 25-39. günler arasında çalışma uygulamalarından etkilenmemiştir. Buna karşın 40-47. günler arasında, L-Arj katkılı rasyonla beslenen etlik piliçlerin YT bazal rasyonla beslenenlere göre önemli düzeyde ( $p<0,05$ ) yükselmiştir. Çalışmada genel YT (0-47. günler), yetiştirme süresi boyunca herhangi bir çalışma uygulamasından etkilenmemiştir.

**Tablo 10.** Büyütmenin farklı dönemlerinde (0-10, 11-24, 25-39, 40-47, ve 0-47. günler) çalışma gruplarına ait yem tüketimi (g/piliç), ve L-arjinin'in *in ovo* ve rasyonla verilmesinin etkilerine ait ortalama değerler.

Gruplar	Uygulamalar		n	Günler				
	<i>In ovo</i> besleme	Rasyonda Arj <sup>1</sup>		0-10 (g/piliç)	11-24 (g/piliç)	25-39 (g/piliç)	40-47 (g/piliç)	0-47 (g/piliç)
<i>I</i>	yok	yok	6	207,86	953	2046	1360	4567
<i>II</i>	yok	var	6	186,63	915	2019	1407	4539
<i>III</i>	var (tuz)	yok	6	196,17	984	2096	1358	4613
<i>IV</i>	var (tuz)	var	6	181,85	924	2083	1406	4594
<i>V</i>	var (Arj)	yok	6	204,42	948	2031	1359	4542
<i>VI</i>	var (Arj)	var	6	196,50	943	2078	1425	4641
			<b>SEM</b>	7,39	38,24	62,63	31,29	119,52
<b><i>In ovo</i> besleme</b>	yok			197,24	934	2032	1383	4553
	var (tuz)			200,46	954	2090	1382	4603
	var (Arj)			189,01	945	2055	1392	4592
<b>Rasyonda Arj</b>	yok			203,42	959	2054	1359	4570
	var			188,92	928	2058	1413	4591
<b>ANOVA</b>				<b>p</b>				
<b><i>In ovo</i> besleme</b>				0,255	0,858	0,625	0,927	0,886
<b>Rasyonda Arj</b>				0,012	0,237	0,966	0,029	0,847
<b><i>In ovo</i> besleme*Rasyonda Arj</b>				0,587	0,737	0,776	0,931	0,800

<sup>1</sup>Arj= L-arjinin

#### 4.3.4. Yemden Yararlanma Oranı

Etlik piliçlerin farklı dönemlere ait YYO (g:g) Tablo 11'de gösterilmiştir. 0-10. günler arasında, L-Arj katkılı rasyonla beslenen etlik piliçlerin YYO bazal rasyonla beslenenlere göre önemli düzeyde daha düşük (1,13'e kıyasla 1,22;  $p<0,01$ ) bulunmuştur. Ancak, 11-24 ve 25-39. günler arasında çalışma grupları arasında YYO açısından önemli bir farklılık gözlemlenmemiştir.

40-47. günler arasında, YYO üzerinde *in ovo* besleme ve rasyonda Arj interaksiyonunun etkileri önemli ( $p<0,05$ ) bulunmuş; buna göre YYO I., V. ve VI. gruplarında daha yüksekken, grup II'de daha düşük olarak gözlemlenmiştir. Ayrıca, III. ve IV. grupların YYO diğer gruplarla benzer olmuştur. Çalışmada genel YYO (0-47. günler), yetiştirme süresi boyunca herhangi bir çalışma uygulamasından etkilenmemiştir.

**Tablo 11.** Büyütmenin farklı dönemlerinde (0-10, 11-24, 25-39, 40-47, ve 0-47. günler) çalışma gruplarına ait yemden yararlanma oranı (g:g), ve L-arjinin'in *in ovo* ve rasyonla verilmesinin etkilerine ait ortalama değerler.

Gruplar	Uygulamalar		n	Günler				
	<i>In ovo</i> besleme	Rasyonda Arj <sup>1</sup>		0-10 (g:g)	11-24 (g:g)	25-39 (g:g)	40-47 (g:g)	0-47 (g:g)
<i>I</i>	yok	yok	6	1,27	1,29	1,55	1,80 <sup>a</sup>	1,54
<i>II</i>	yok	var	6	1,16	1,32	1,53	1,63 <sup>b</sup>	1,48
<i>III</i>	var (tuz)	yok	6	1,21	1,28	1,56	1,71 <sup>ab</sup>	1,51
<i>IV</i>	var (tuz)	var	6	1,12	1,30	1,53	1,73 <sup>ab</sup>	1,51
<i>V</i>	var (Arj)	yok	6	1,19	1,30	1,53	1,74 <sup>a</sup>	1,51
<i>VI</i>	var (Arj)	var	6	1,12	1,31	1,50	1,76 <sup>a</sup>	1,50
			<b>SEM</b>	0,04	0,02	0,02	0,05	0,02
<b><i>In ovo</i> besleme</b>	yok			1,21	1,30	1,54	1,71	1,51
	var (tuz)			1,16	1,29	1,55	1,72	1,51
	var (Arj)			1,15	1,30	1,52	1,75	1,51
<b>Rasyonda Arj</b>	yok			1,22	1,29	1,55	1,75	1,52
	var			1,13	1,31	1,52	1,70	1,50
<b>ANOVA</b>				<b>p</b>				
<b><i>In ovo</i> besleme</b>				0,245	0,766	0,418	0,594	0,943
<b>Rasyonda Arj</b>				0,008	0,165	0,129	0,228	0,081
<b><i>In ovo</i> besleme*Rasyonda Arj</b>				0,893	0,649	0,928	0,040	0,174

<sup>a, b</sup> aynı sütun içinde farklı harfler ile gösterilen ortalamalar aralarında istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmuştur.

<sup>1</sup> Arj= L-arjinin

#### 4.4. Ölüm Oranı

Tablo 12, çalışmanın yetiştirme boyunca etlik piliçlerin ölüm oranlarını sunmaktadır. *In ovo* beslemenin ölüm oranı üzerindeki etkisinin önemli olduğu ( $p=0,0009$ ) belirlenmiş; buna göre Arj ile *IOB* grubuna ait ölüm oranı, negatif kontrol (*IOB* yok) ve pozitif kontrol (tuz ile *IOB*) gruplarına kıyasla daha düşük olmuştur. Buna karşın, rasyonla L-Arj verilmesinin ölüm oranı üzerine etkisi önemli bulunmamıştır.

**Tablo 12.** Büyütme döneminde etlik piliçlerin ölüm oranı (%) üzerine L-arjinin'in *in ovo* ve rasyonla verilmesinin etkilerine ait oranlar ( $n=432$ ).

Uygulamalar		Ölüm oranı (%)
<b><i>In ovo</i></b> <b>besleme</b>	yok	6,25 <sup>a</sup>
	var (tuz)	7,64 <sup>a</sup>
	var (Arj)	0,00 <sup>b</sup>
		$\chi^2$ 14,122 $p=0,0009$
<b>Rasyonda</b> <b>Arj<sup>1</sup></b>	yok	3,79
	var	4,92
		$\chi^2$ 0,409 $p=0,5224$

<sup>a, b</sup> aynı sütünde farklı harfler ile gösterilen ortalamalar aralarında istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmuştur.

<sup>1</sup> Arj= L-arjinin

#### 4.5. Karkas Özellikleri ve Oransal Lenfoid Organ Ağırlıkları

Tablo 13, kesimde etlik piliçlerinin karkas özellikleri ile kalp ve Lenfoid organların (dalak ve bursa Fabricius) oransal ağırlıklarını sunmaktadır. Kesim ağırlığı ile kalp ve Lenfoid organlarının oransal ağırlıkları üzerinde çalışma uygulamalarının etkileri önemli bulunmamıştır.

Sıcak karkas randımanı *in ovo* besleme ve rasyonda Arj arasındaki interaksiyonundan önemli düzeyde ( $p<0,01$ ) etkilenmiş; buna göre sıcak karkas randımanı VI. grupta en yüksekken, II. ve IV. gruplarda en düşük değerler olarak gözlemlenmiştir. Ayrıca, sıcak karkas randımanı grup I, III ve V'te benzer bulunmuştur.

Rasyonda Arj katkısıyla beslenen etlik piliçler, bazal rasyonla beslenenlere göre önemli düzeyde daha düşük oransal abdominal yağına (%1,17'ye kıyasla %1,35;  $p<0,05$ ) sahip olmuşlardır.

**Tablo 13.** Kesimde çalışma gruplarına ait etlik piliçlerin karkas özellikleri ve oransal Lenfoid organ ağırlığı (%), ve L-arjinin'in *in ovo* ve rasyonla verilmesinin etkilerine ait ortamla değerler ve oranlar.

Gruplar	Uygulamalar		<i>n</i>	Kesim ağırlığı (g)	Sıcak karkas randımanı (%)	Kalp (%)	Abdominal yağ (%)	Dalak (%)	Bursa Fabricius (%)
	<i>In ovo</i> besleme	Rasyonda Arj <sup>1</sup>							
<i>I</i>	yok	yok	18	3312	73,07 <sup>ab</sup>	0,63	1,37	0,13	0,24
<i>II</i>	yok	vra	18	3292	72,61 <sup>b</sup>	0,59	1,17	0,12	0,23
<i>III</i>	var (tuz)	yok	18	3283	73,53 <sup>ab</sup>	0,60	1,33	0,12	0,24
<i>IV</i>	var (tuz)	var	18	3196	72,69 <sup>b</sup>	0,62	1,21	0,12	0,26
<i>V</i>	var (Arj)	yok	18	3332	72,89 <sup>ab</sup>	0,62	1,34	0,13	0,24
<i>VI</i>	var (Arj)	var	18	3359	73,75 <sup>a</sup>	0,62	1,15	0,12	0,25
			<b>SEM</b>	23.01	0,10	0,007	0,033	0,002	0,005
<b><i>In ovo</i> besleme</b>	yok			3302	72,84	0,61	1,27	0,13	0,24
	var (tuz)			3240	73,11	0,61	1,27	0,12	0,25
	var (Arj)			3346	73,32	0,62	1,25	0,13	0,25
<b>Rasyonda Arj</b>	yok			3309	73,16	0,62	1,35	0,13	0,24
	var			3282	73,01	0,61	1,17	0,12	0,25
<b>ANOVA</b>				----- p -----					
<b><i>In ovo</i> besleme</b>				0,169	0,130	0,733	0,943	0,774	0,555
<b>Rasyonda Arj</b>				0,558	0,447	0,390	0,010	0,132	0,533
<b><i>In ovo</i> besleme*Rasyonda Arj</b>				0,598	0,001	0,239	0,859	0,265	0,451

<sup>a, b</sup> aynı sütun içinde farklı harfler ile gösterilen ortalamalar aralarında istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmuştur.

<sup>1</sup> Arj= L-arjinin

## 4.6. Göğüs Eti Kalitesi

### 4.6.1. Kesim Sonrası 24. Saatte Göğüs Eti Kalitesi

Kesim sonrası 24. saatte göğüs eti kalitesi ile ilgili parametrelere ait değerler ve oranlar Tablo 14'te sunulmuştur. Göğüs etlerinde L\* ve b\* indikatörleri çalışma uygulamalarından etkilenmezken, rasyonda Arj, a\* değerini önemli düzeyde ( $p<0,05$ ) artırmıştır. Ayrıca, Arj ile IOB grubun pH değeri, negatif kontrol (IOB yok) ve pozitif kontrol (tuz ile IOB) gruplarına kıyasla daha yüksek bulunmuştur ( $p<0,001$ ).

Su tutma kapasitesi bakımından çalışma grupları arasında farklılık göstermezken, pişirme kaybı *in ovo* besleme ve rasyonda Arj arasındaki interaksiyonundan önemli düzeyde etkilenmiş ( $p<0,01$ ); buna göre II., III. ve IV. gruplarında göğüs etlerinde en yüksek pişirme kaybı gözlemlenmiştir. Buna karşın, en düşük pişirme kaybı grup VI'da (Arj ile IOB+rasyonda Arj) saptanmış, ayrıca pişirme kaybı I. ve V. gruplarında benzer bulunmuştur.

### 4.6.2. Kesim Sonrası 48. Saatte Göğüs Eti Kalitesi

Tablo 15, kesim sonrası 48. saatte göğüs eti kalitesi ile ilgili parametrelere ait değerleri göstermektedir. Göğüs etinde L\* değeri, Arj ile IOB grubuna kıyasla negatif kontrol (IOB yok) grubunda önemli düzeyde ( $p<0,05$ ) daha yüksekte bulunmuş, ancak çalışma uygulamaların etkisi diğer renk indikatörleri (a\* ve b\*) üzerinde önemli bir farklılığa sebep olmamıştır.

Göğüs eti örneklerinde pH değeri, Arj ile IOB grubunda, negatif kontrol (IOB yok) grubuna kıyasla daha yüksek bulunmuştur ( $p<0,01$ ). Ayrıca, pH değerleri *in ovo* besleme ve rasyonda Arj arasındaki interaksiyonundan önemli düzeyde ( $p<0,01$ ) etkilenmiş; buna göre, grup IV (tuz ile IOB+rasyonda Arj) ve grup VI (Arj ile IOB+rasyonda Arj)'nın göğüs etlerinde en yüksek pH değerleri gözlemlenirken, en düşük pH değeri grup II (IOB yok+rasyonda Arj)'de bulunmuştur. Ayrıca, pH değeri I., III. ve V. gruplarına ait göğüs eti örneklerinde benzerlik göstermiştir.

**Tablo 14.** Kesim sonrası 24. saatte çalışma gruplarına ait göğüs eti kalitesi, ve L-arjinin'in *in ovo* ve rasyonla verilmesinin etkilerine ait ortalama değerler ve oranlar.

Gruplar	Uygulamalar		n	L*	a*	b*	pH	Su tutma kapasitesi (%)	Pişirme kaybı (%)
	<i>In ovo</i> besleme	Rasyonda Arj <sup>1</sup>							
I	yok	yok	18	59,10	1,40	11,83	5,56	92,81	34,43 <sup>ab</sup>
II	yok	vra	18	59,38	2,11	12,24	5,57	91,56	36,06 <sup>a</sup>
III	var (tuz)	yok	18	58,20	1,66	11,53	5,61	91,85	36,12 <sup>a</sup>
IV	var (tuz)	vra	18	58,88	2,21	12,39	5,59	92,12	35,84 <sup>a</sup>
V	var (Arj)	yok	18	58,77	1,96	11,62	5,67	92,94	33,96 <sup>ab</sup>
VI	var (Arj)	vra	18	58,53	2,34	11,43	5,69	93,07	33,33 <sup>b</sup>
			<b>SEM</b>	0,20	0,12	0,15	0,01	0,18	0,33
<b><i>In ovo</i> besleme</b>	yok			59,24	1,76	12,04	5,56 <sup>b</sup>	92,18	35,25
	var (tuz)			58,54	1,93	11,96	5,60 <sup>b</sup>	91,99	34,73
	var (Arj)			58,65	2,15	11,53	5,68 <sup>a</sup>	93,01	34,90
<b>Rasyonda Arj</b>	yok			58,69	1,67	11,66	5,61	92,53	34,84
	vra			58,93	2,22	12,02	5,62	92,25	35,08
<b>ANOVA</b>				<b>p</b>					
<b><i>In ovo</i> besleme</b>				0,313	0,396	0,320	<i>P</i> <0,001	0,056	0,808
<b>Rasyonda Arj</b>				0,551	0,023	0,222	0,773	0,435	0,714
<b><i>In ovo</i> besleme*Rasyonda Arj</b>				0,641	0,850	0,346	0,679	0,174	0,007

<sup>a, b</sup> aynı sütun içinde farklı harfler ile gösterilen ortalamalar aralarında istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmuştur.

<sup>1</sup> Arj= L-arjinin

**Tablo 15.** Kesim sonrası 48. saatte çalışma gruplarına ait göğüs eti kalitesi, ve L-arjinin'in *in ovo* ve rasyonla verilmesinin etkilerine ait ortalama değerler.

Gruplar	Uygulamalar		n	L*	a*	b*	pH
	<i>In ovo</i> besleme	Rasyonda Arj <sup>1</sup>					
I	yok	yok	18	60,43	1,87	11,73	5,65 <sup>ab</sup>
II	yok	vra	18	60,30	2,35	11,96	5,57 <sup>b</sup>
III	var (tuz)	yok	18	58,96	2,89	11,49	5,65 <sup>ab</sup>
IV	var (tuz)	vra	18	59,16	2,63	12,00	5,67 <sup>a</sup>
V	var (Arj)	yok	18	59,36	2,39	11,17	5,66 <sup>ab</sup>
VI	var (Arj)	vra	18	59,59	2,78	11,50	5,71 <sup>a</sup>
			<b>SEM</b>	0,20	0,15	0,14	0,009
<b><i>In ovo</i> besleme</b>	yok			60,37 <sup>a</sup>	2,11	11,84	5,61 <sup>b</sup>
	var (tuz)			59,48 <sup>ab</sup>	2,76	11,75	5,66 <sup>ab</sup>
	var (Arj)			59,06 <sup>b</sup>	2,58	11,34	5,69 <sup>a</sup>
<b>Rasyonda Arj</b>	yok			59,59	2,38	11,46	5,66
	vra			59,69	2,58	11,82	5,65
<b>ANOVA</b>				----- p -----			
<b><i>In ovo</i> besleme</b>				0,030	0,198	0,297	0,005
<b>Rasyonda Arj</b>				0,805	0,501	0,205	0,885
<b><i>In ovo</i> besleme*Rasyonda Arj</b>				0,920	0,547	0,914	0,012

<sup>a, b</sup> aynı sütun içinde farklı harfler ile gösterilen ortalamalar aralarında istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmuştur.

<sup>1</sup> Arj= L-arjinin

#### **4.7. Göğüs Etinin Kimyasal Bileşimi**

Göğüs eti örneklerinin kimyasal bileşimi (kuru madde, ham protein, ham yağ ve ham kül)'ne ait oranlar Tablo 16'da gösterilmektedir. Göğüs etinin kimyasal bileşimi, çalışma grupları arasında önemli bir farklılık göstermemiştir.

**Tablo 16.** Çalışma gruplarına ait göğüs etinin kimyasal kompozisyonu, ve L-arjinin'in *in ovo* ve rasyonla verilmesinin etkilerine ait ortalama oranlar (%).

Gruplar	Uygulamalar		<i>n</i>	Kuru madde	Ham protein	Ham yağ	Ham kül
	<i>In ovo</i> besleme	Rasyonda Arj <sup>1</sup>					
<i>I</i>	yok	yok	18	25,11	83,64	8,78	4,96
<i>II</i>	yok	vra	18	24,53	84,71	9,14	4,65
<i>III</i>	var (tuz)	yok	18	24,69	82,62	9,37	4,66
<i>IV</i>	var (tuz)	vra	18	24,77	81,69	10,12	4,86
<i>V</i>	var (Arj)	yok	18	25,19	83,73	9,28	4,76
<i>VI</i>	var (Arj)	vra	18	24,81	81,60	9,60	4,89
			<b>SEM</b>	0,11	0,32	0,33	0,05
<b><i>In ovo</i> besleme</b>	yok			24,82	84,18	8,98	4,81
	var (tuz)			24,73	83,16	10,41	4,76
	var (Arj)			25,00	83,66	10,66	4,82
<b>Rasyonda Arj</b>	yok			25,00	82,67	9,74	4,80
	vra			24,70	83,33	10,54	4,80
<b>ANOVA</b>				----- p -----			
<b><i>In ovo</i> besleme</b>				0,578	0,325	0,377	0,852
<b>Rasyonda Arj</b>				0,167	0,306	0,235	0,985
<b><i>In ovo</i> besleme*Rasyonda Arj</b>				0,429	0,126	0,184	0,078

<sup>1</sup>Arj= L-arjinin

#### **4.8. Serum Trigliserit, Nitrik Oksit ve İmmünoglobulin G Düzeyleri**

Serum TG, NO ve İgG seviyeleri Tablo 17'de gösterilmektedir. Rasyonda Arj uygulaması serum TG ve NO seviyelerini önemli düzeyde ( $p<0,01$ ) artırmıştır. Öte yandan, serum İgG seviyesi bakımından çalışma grupları arasında önemli bir farklılık gözlemlenmemiştir.

**Tablo 17.** Çalışma gruplarına ait serum trigliserit, nitrik oksit immünoglobulin G düzeyleri, ve L-arjinin'in *in ovo* ve rasyonla verilmesinin etkilerine ait ortalama değerler.

Gruplar	Uygulamalar		n	TG (mg/dL)	NO ( $\mu$ mol/L)	İgG (mg/ml)
	<i>In ovo</i> besleme	Rasyonda Arj <sup>1</sup>				
<i>I</i>	yok	yok	18	60,03	21,15	3,05
<i>II</i>	yok	vra	18	65,18	26,69	2,54
<i>III</i>	var (tuz)	yok	18	59,51	20,54	2,48
<i>IV</i>	var (tuz)	vra	18	64,93	27,05	3,10
<i>V</i>	var (Arj)	yok	18	60,18	21,35	3,26
<i>VI</i>	var (Arj)	vra	18	66,24	27,10	2,37
			<b>SEM</b>	1,17	1,02	0,08
<b><i>In ovo</i> besleme</b>	yok			61,13	22,12	2,61
	var (tuz)			59,05	23,61	3,04
	var (Arj)			60,24	21,44	2,99
<b>Rasyonda Arj</b>	yok			60,48	21,17	3,51
	vra			65,10	25,83	2,48
<b>ANOVA</b>				<b>p</b>		
<b><i>In ovo</i> besleme</b>				0,908	0,845	0,788
<b>Rasyonda Arj</b>				0,002	0,005	0,425
<b><i>In ovo</i> besleme*Rasyonda Arj</b>				0,927	0,688	0,504

<sup>1</sup>Arj= L-arjinin

#### 4.9. Göğüs Kasında Beyaz Çizgilenme Görülme Sıklığı ve Şiddeti

Etlik piliçlerinin göğüs kasında BÇ skoru ve görülme sıklığı Tablo 18'de gösterilmektedir. Çalışma grupları arasında BÇ'in görülme sıklığı ve şiddeti açısından önemli bir farklılık bulunmamıştır.

**Tablo 18.** Çalışma gruplarının göğüs kasında beyaz çizginin farklı skorlarına ait say ve oranlar, ve toplam görülme sıklığı.

Gruplar <sup>1</sup>	n	Beyaz çizgi skoru			Toplam beyaz çizgi görülme sıklığı
		0	1	2	
I	54	19 (%35,42)	27 (%50,00)	8 (%14,58)	35 (%64,58)
II	54	25 (%45,83)	26 (%47,92)	3 (%6,25)	29 (%54,17)
III	54	25 (%45,83)	21 (%39,58)	8 (%14,58)	29 (%54,16)
IV	54	25 (%45,83)	24 (%43,75)	3 (%10,42)	27 (%54,17)
V	54	27 (%50,00)	21 (%39,58)	6 (%10,42)	27 (%50,00)
VI	54	26 (%47,92)	21 (%39,58)	7 (%12,50)	28 (%52,08)
$\chi^2$ 4,63 (p=0,914)					

<sup>1</sup> Gruplar: I=IOB yok+rasyonda Arj yok; II=IOB yok+rasyonda Arj var; III=tuz ile IOB+rasyonda Arj yok; IV=tuz ile IOB+rasyonda Arj var; V=Arj ile IOB+rasyonda Arj yok; VI=Arj ile IOB+rasyonda Arj var

## 5. TARTIŞMA

Bu çalışmanın amacı, *in ovo* ve rasyonla L-Arj katkısının etlik piliçlerde büyüme performansı, göğüs etinin kalitesi ve bağışıklık sistemi üzerindeki etkilerini değerlendirmektir. Bulgularımız, etlik piliç beslenmesinde L-Arj katkısının bilinen pek çok faydasını doğrularken, özellikle son zamanlarda sektörün karşılaştığı zorlukları olan BÇ ve et kalitesi değişimleri bağlamında yeni bakış açıları sunmuştur.

### 5.1. İnkübasyon Parametreleri

Bu çalışmada, L-Arj ile *IOB*, negatif kontrol (*IOB* yok) ve pozitif kontrol (tuz ile *IOB*) grupları karşılaştırıldığında, inkübasyon parametreleri üzerinde istatistiksel olarak önemli bir farklılık yaratmadıklarını gözlemlenmiştir. Döllülük oranı ve çıkım gücü *IOB* uygulamasından etkilenmemiştir, bu da önceki çalışmalarda besin bazlı *IOB*'nin embriyonik gelişimi veya çıkım sürecini bozmadığını gösteren bulgularla tutarlıdır (Kadam ve diğerleri, 2013; Miri ve diğerleri, 2022; Willemsen ve diğerleri, 2010). Örneğin, Lu ve diğerleri (2022), L-Arj ile yapılan *IOB*'nin (%1,0'lik L-Arj çözeltisinden 0,5 mL/yumurta) optimal çıkım gücünü koruduğunu gözlemlemişlerdir. Benzer şekilde, Ohta ve diğerleri (2001) amino asitlerin embriyogenezisin geç aşamalarında amniyon sıvısına enjekte edilmesinin çıkım gücü üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığını bildirmiştir. Buna karşın, Gao ve diğerleri (2017) %2,0'lik L-Arj çözeltisi ile yapılan *IOB*'nin, kontrol ve daha düşük konsantrasyondaki L-Arj ile *IOB* gruplarına kıyasla daha düşük çıkım gücüyle sonuçlandığını belirtmiştir. Bu çelişki, dozaj optimizasyonunun önemini vurgulamaktadır; çünkü daha yüksek konsantrasyonlar embriyonik metabolik kapasitesini zorlayabilir ve gelişimsel strese yol açabilir. Bu çalışmadaki çıkım gücünün tutarlılığı, L-Arj katkısının uygun dozlarda verildiğinde embriyonik metabolik yollara etkili bir şekilde entegre olduğunu ve gelişimsel bozulmalara yol açmadığı hipotezini (Nouri Sanami ve diğerleri, 2014) desteklemektedir. Bu durum, inkübasyon sırasında yaşanabilecek herhangi bir bozulmanın, kümes hayvanları üretiminde önemli ekonomik kayıplara yol açabileceği için kritik öneme sahiptir.

Ayrıca, bulgularımız, 38 haftalık Ross 308 damızlık stoku için Aviagen (2021) tarafından bildirilen çıkım gücü oranından (%87,4) daha yüksek bir çıkım gücü (yaklaşık

%90) elde edildiğini ortaya koymuştur. Bu gelişme, *IOB* tekniklerinin standart endüstri beklentilerinin yanı sıra çıkım gücü koruma veya artırma potansiyelini vurgulamaktadır. Ayrıca, mevcut çalışmada elde edilen bulgular, uygulanan inkübasyon prosedürlerinin doğru bir şekilde gerçekleştirilmesiyle de şekillenmiş olabilir.

L-Arj ile *IOB* uygulanan yumurtaların genel inkübasyon performansı, negatif kontrol ve pozitif kontrol gruplar ile karşılaştırıldığında benzer sonuçlar göstermiştir. Bu sonuç, L-Arj'in embriyonik süreçlerle fizyolojik uyumluluğunu doğrulamaktadır. Lu ve diğerleri (2022) L-Arj ile *IOB*'si embriyonik gelişimi üzerinde herhangi bir olumsuz etki yaratmadan, çıkım sonrası büyümeyi iyileştirdiğini vurgulamışlardır.

İnkübasyon parametreleri üzerinde önemli bir etki gözlemlenmemesi, embriyonik aşamada uygulanan L-Arj katkısının doğal çıkım sürecini ne artırdığını ne de azalttığını göstermektedir. Bu denge, ticari kanatlı üretimi için özellikle avantajlıdır; çünkü çıkım sonrası büyüme ve bağışıklık yanıtlarını iyileştirme çabalarının çıkım gücünü olumsuz yönde etkilemeyeceğini sağlamaktadır. Uni ve Ferket (2004) embriyonik dönemde besinlerin doğru konsantrasyon ve zamanlamayla verilmesinin, *IOB*'nin faydalarını arttırmak için kritik olduğu belirtilmiştir. Mevcut çalışmanın bulguları, L-Arj ile *IOB*'nin, kuluçka verimliliği veya çıkım gücünü olumsuz olarak etkilemeden etlik piliçlerin üretimini iyileştirmek için pratik ve güvenli bir strateji olduğunu desteklemektedir.

## 5.2. Çıkımda Oransal Organ Ağırlıkları

Bu çalışmada, embriyonik aşamada L-Arj katkısının, civciv ağırlığı ile kalp, dalak ve bursa Fabricius gibi önemli organların oransal ağırlıkları üzerindeki etkileri incelenmiştir. L-Arj ile *IOB*, kalp ve bursa Fabricius gibi bazı organların oransal ağırlıklarında önemli gelişmelere yol açarken, çalışma grupları arasında civciv ağırlığı ve oransal dalak ağırlığı bakımından bir farklılık gözlemlenmemiştir. Bu bulgular, L-Arj ile *IOB*'nin organ gelişimini olumlu yönde etkileyebileceğini, ancak tüm organlar üzerinde eşit derecede etkili olmadığını göstermektedir.

Çıkımda civciv ağırlığı, çalışma grupları arasında istatistiksel olarak önemli farklılık göstermedi; bu da L-Arj ile yapılan *IOB*'nin genel vücut ağırlığını doğrudan etkilemediğini gösteriyor. Bu sonuç, *IOB*'nin embriyonik gelişimi artırabileceğini, ancak civciv ağırlığı üzerindeki etkisinin besin türüne, dozajına ve uygulama zamanlamasına bağlı olduğunu

belirten önceki çalışmalarla tutarlıdır (Kadam ve diğerleri, 2013; Foye ve diğerleri, 2006). Örneğin, Gao ve diğerleri (2018) L-arj ile *IOB* uygulanan (inkübasyonun 17,5. günü amniyon sıvısına 6 mg enjeksiyon) civcivlerin çıkım ağırlığı ile kontrol grubundaki civcivler arasında önemli bir fark bulmamıştır. Benzer şekilde, farklı dozajlarda yapılan L-Arj ile *IOB*'si ve kontrol civcivlerinde, civciv ağırlığı sabit kalmıştır (Li ve diğerleri, 2016). Diğer yandan, Subramaniyan ve diğerleri (2019), farklı dozlar (100, 1000 ve 2500 µg/100 µL/egg) ve zamanlamalar (8, 14 ve 18. günler)'da yapılan L-Arj ile *IOB*'nin civciv ağırlığı üzerinde önemli etkileri olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada gözlemlenen civciv ağırlığının değişmemesi, L-Arj'in etkilerinin, genel vücut kütlesi yerine spesifik organların veya fizyolojik sistemlerin gelişiminde daha belirgin olabileceğini öne sürmektedir.

Bu çalışmada, L-Arj ile *IOB* grubunda kontrol gruplarına kıyasla kalp oransal ağırlığının önemli bir düzeyde ( $p<0,001$ ) arttığı gözlemlendi. Bu bulgu, L-Arj'in embriyonik gelişim sırasında kardiyovasküler sağlığı destekleme rolünü vurguluyor olabilir. Nitrik oksitin ön maddesi olan L-Arj, vazodilatasyonu iyileştirir ve kan akışını artırır, bu da kardiyovasküler yapıların büyümesini ve gelişmesini destekler (Lu ve diğerleri, 2022). Ayrıca yapılan araştırmalara göre, *IOB* teknikleri ve Arj gibi amino asitlerin embriyonik kas ve organ gelişimini desteklediğine dair tutarlı kanıtlar bulunmaktadır (Uni ve Ferket, 2004). Abdolizadeh ve diğerleri (2017) ve Ohta ve diğerleri (2001) tarafından yapılan araştırmalar, L-Arj dahil olmak üzere *in ovo* olarak amino asit katkılarının kalp gelişimini teşvik ettiğini göstermiştir. Artan kalp ağırlığı, özellikle etlik piliçler için faydalıdır; çünkü bu durum, yoğun üretim sistemlerinde çıkım sonrası hızlı büyüme için metabolik ve fizyolojik talepleri karşılamalarına hazırlık sağlar.

L-Arj ile *IOB*, civcivlerde bursa Fabricius oransal ağırlığındaki önemli ( $p<0,001$ ) artışı, bağışıklık sistemi gelişiminin arttığını göstermektedir. Bulgularımızla tutarlı olarak, Ebrahimi ve diğerleri (2017) L-Arj ile *IOB* uygulanan grupta, kontrol grubuna kıyasla bursa Fabricius ağırlığının arttığını bildirmiştir. B hücrelerin olgunlaşmasının ana merkezi olan Bursa Fabricius, kanatlıların adaptif bağışıklık yanıtında önemli bir rol oynar (Chen ve diğerleri, 2013). Bursa Fabricius ağırlığındaki gözlemlenen artış, L-Arj katkısının organ büyümesini ve fonksiyonelliğini destekleyerek bağışıklık yeterliliğini olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Ayrıca, L-Arj'in immünomodülatör etkileri, özellikle NO sentezi aracılığıyla makrofaj aktivitesini ve lenfosit proliferasyonunu artırdığına dair güçlü kanıtlarla desteklenmektedir (Wu ve diğerleri, 2011). Mevcut çalışmanın bulguları, L-Arj ile *IOB*'sinin

bağışıklıkla ilgili organ gelişiminin iyileştiğini bildiren Gao ve diğerleri (2017)'nin bulgularıyla uyumludur.

Kalp ve bursa Fabricius'un aksine, dalak rölatif ağırlığı, çalışma grupları arasında önemli bir farklılık göstermemiştir. Bulgularımız, Ebrahimi ve diğerleri (2017)'nin bulgularıyla tutarlıdır; onlar da kontrol grupları (negatif ve pozitif kontrol) ile farklı dozlarda L-Arj ile *IOB* uygulanan gruplar arasında rölatif dalak ağırlığında fark gözlememişlerdir. Dolayısıyla L-Arj katkısına organ-spesifik bir yanıt olabileceğini ve bunun dalakla ilgili metabolik veya gelişimsel yollarındaki farklılardan etkilenmiş olabileceğini göstermektedir. Ancak, diğer çalışmalar L-Arj ile *IOB*'nin dalak ağırlığı üzerinde önemli bir etkisi olduğunu bildirmiştir. Örneğin, Zhang ve diğerleri (2017) L-Arj ile *IOB*'nin dalak ağırlığını arttırdığını, bunun NO'in immünomodülatör özelliklerine bağlanabileceğini göstermiştir. Benzer şekilde, Lu ve diğerleri (2022) L-Arj ile *IOB*'nin dalak gelişimini artırdığını, bunun NO aracılığıyla immün hücre çoğalması ve farklılaşmasını teşvik edebileceğini bulmuşlardır. Bu bulgular ile mevcut çalışma arasındaki farklılıklar, dozaj, uygulama zamanı, genetik ve çıkım sonrası çevresel faktörler gibi deneysel koşullardaki farklılıklardan kaynaklanabilir (Chen ve diğerleri, 2013). Bu farklılıklar, *in ovo* olarak besinsel müdahalelerine verilen yanıtların karmaşıklığını ve daha fazla araştırma yapılması gerektiğini vurgulamaktadır.

Değişmeyen civciv ağırlıkları ve organ-spesifik ağırlığı artışları, embriyo gelişimi sırasında L-Arj katkısının hedef odaklı faydalarını vurgulamaktadır. Kalp ve bursa Fabricius'un rölatif ağırlıklarındaki artışlar, L-Arj'in etlik civcivlerini, büyüme talepleri, bağışıklık yanıtları ve metabolik ayarlamalar gibi çıkım sonrası zorluklara hazırlamada önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Ayrıca, L-Arj katkısı, organ gelişimini ve fonksiyonunu artırmaya yardımcı olarak, civcivlerin erken yaşam döneminde stres, enfeksiyonlar ve genel fizyolojik taleplerle başa çıkmaya daha iyi hazırlanmalarını sağladığını göstermektedir. Bu organ-spesifik iyileşmeler, çıkım sonrası dönemde daha iyi metabolik verimlilik ve hastalık direncine katkıda bulunarak, *in ovo* besin müdahalelerinin uzun vadeli performansı iyileştirdiğiyle ilgili önceki bulgularla (Foye ve diğerleri, 2006; Uni ve Ferket, 2004) paralellik göstermektedir.

### 5.3. Büyüme Performansı

Bu çalışmanın büyüme performansı parametrelerine (CA, CAA, YT ve YYO) ilişkin bulguları, L-Arj ile *IOB*'nin erken fizyolojik faydalar sağladığını, ancak rasyonla L-Arj verilmesinin erken büyüme döneminde YYO'nun iyileştirdiğini, ayrıca büyümenin son döneminde CAA değerinin arttığını ortaya koymuştur.

#### 5.3.1. Erken Dönemdeki Büyüme

*In ovo* olarak L-Arj verilmesi, erken büyüme evrelerinde, özellikle çıkım sonrası ilk 10 gün içinde CA ( $p<0,01$ ) ve CAA ( $p<0,01$ ) üzerinde önemli bir artış sağlamıştır. Bu iyileşmeler, *in ovo* besin katkılarının embriyonik gelişimi artırarak, besin emilimini iyileştirerek ve Arj'nin etkileriyle hormonları modüle ederek, çıkım sonrası beslenmeye başlama arasındaki besin eksikliğini kapatabileceğini gösteren önceki araştırmalarla uyumludur (Campbell ve diğerleri, 2004; Nouri Sanami ve diğerleri, 2014; Omid ve diğerleri, 2020). Gao ve diğerleri (2018) L-Arj (%1,0'lik L-Arj çözeltisi) ile *IOB*'nin etlik civcivlerde erken dönemde (1-7. günler) CAA üzerinde önemli pozitif etkisi olduğunu bildirmiştir. Bu iyileşmelerin temel mekanizması, L-Arj metabolizması aracılığıyla NO üretimi ile ilgilidir. Nitrik oksit, vaskülarizasyonu ve kan ile besin taşınmasını iyileştirerek embriyonik ve çıkım sonrası gelişim sırasında kritik dönemlerde daha iyi kan akışını destekler (Adams ve Luo, 2014). Bu iyileşmiş vaskülarizasyon, besin alımının ve kullanımının daha verimli olmasını sağlar, bu da etlik civciv gelişiminin erken evrelerinde kas ve organ büyümesini destekler (Uni ve Ferket, 2004). Ancak, bizim çalışmamızda bu iyileşme, erken büyüme döneminde rasyona L-Arj ilavesi ile gözlemlenmemiştir. Bu etkinin olmaması, büyüme koşulları, L-Arj dozu veya bu çalışmada kullanılan genotip ile ilişkilendirilebilir. Örneğin, Ebrahimi ve diğerleri (2014) etlik civcivlerinin CA ve CAA'larında L-Arj dozuna bağlı önemli farklar yarattığını bildirmiş; buna göre, %168 oranında (gereksinim seviyesinin üzerinde) L-Arj ile katkılanmış rasyonla beslenen etlik civcivlerde, kontrol ile %153 ve %183 L-Arj katkılı gruplara kıyasla erken büyüme evresinde daha yüksek CAA'nı saptamıştır.

Bulgularımıza göre, özellikle büyümenin ilk 10 günü boyunca, *IOB* uygulaması önemli bir şekilde YT'ni etkilenmemiştir. Benzer şekilde, Miri ve diğerleri (2022) L-Arj (%1,0'lık L-Arj çözeltisi) ile *IOB* ve kontrol grupları arasında etlik civcivlerin YT'nde (0-10. günler) önemli bir farklılık bulmamıştır. Ancak, Gao ve diğerleri (2018) L-Arj (0,6 mg/yumurta) ile *IOB*'nin büyüme dönemi YT'nde (1-21. günler) artış olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, Gao ve diğerleri (2017) ile Nouri Sanami ve diğerleri (2014) aynı dönemde yaptıkları çalışmalarda L-Arj ile *IOB*'nin YT üzerindeki doza bağlı doğrusal etkisini ortaya koymuş ve etlik civcivlerde uygulanan dozun YT üzerinde önemli bir katkı sağladığını vurgulamışlardır.

Rasyona L-Arj ilavesi, bazal rasyon grubuna kıyasla YT'ni önemli bir düzeyde ( $p<0,05$ ) azaltmıştır. Ancak, Castro ve diğerleri (2019)'ne göre, ilk 10 günü boyunca farklı düzeylerde L-Arj katkısı (gereksinimin %70, %80, %90, %100 ve %110'u) rasyonlarla beslenen etlik civcivlerin YT değişmemiştir. Benzer şekilde, Cengiz ve Küçükersan (2010) başlangıç döneminde kontrol ve L-Arj ile zenginleştirilmiş (gereksinimin %25, %50, %75 ve %100 üstünde) rasyonlar arasında etlik civcivlerin YT'nde önemli bir fark bulmamıştır. Bu bulgular ile mevcut çalışma arasındaki farklılıklar, L-Arj dozajındaki, kullanılan genotip ve çıkım sonrası çevresel faktörlerdeki farklılıklara, ayrıca çıkım öncesi *IOB*'nin potansiyel etkilerine bağlanabilir. Mevcut çalışmanın bulguları, rasyona L-Arj ilavesi daha iyi besin emilimi ve kullanım verimliliğinin desteklediğini, böylece civcivlerin daha düşük YT'yle büyüme taleplerini karşılamalarına izin verebileceğini önermektedir. Azaltılmış YT, ticari etlik piliç üretiminde arzu edilen bir sonuçtur, çünkü tipik olarak daha maliyetli olabilen başlangıç dönemine ait yem maliyetlerini düşürmeye ve ekonomik verimliliği artırmaya katkıda bulunur; bu da rasyonda L-Arj katkısının etlik piliç üretim verimliliğini optimize etmek için pratik bir strateji olduğunu gösterebilir.

L-Arj ile *IOB*, erken büyüme döneminde YYO'nda sayısal bir iyileşme eğilimi gösterdi (negatif kontrol grubunda 1,15'e kıyasla 1,21); ancak bu fark istatistiksel olarak önemli ( $p=0,24$ ) olmamıştır. İstatistiksel önemlilik olmamakla birlikte, bu eğilim, L-Arj ile *IOB*'nin erken büyüme aşamasında metabolik verimliliği iyileştirmeye katkıda bulunabileceğini düşündürmektedir. Bu bulgular, Zhang ve diğerleri (2017) tarafından yapılan çalışmayla uyumludur; bu çalışmada erken büyüme döneminin YYO'nda, L-Arj ile *IOB* etkisiyle hafif ama önemli olmayan iyileşmeler olduğunu bildirmişler. Bu iyileşme muhtemelen embriyogenez sırasında gelişen vaskülarizasyon ve besin emilimi ile ilişkilidir (Adams ve Luo, 2014). Gözlemlenen sayısal iyileşme, L-Arj'in erken bağırsak gelişimi üzerindeki

etkisiyle de bağlantılı olabilir, bu da besin emilimini ve yem verimliliğini artırır. Amino asitlerle *IOB*'nin gastrointestinal sistemin hem yapısal hem de fonksiyonel gelişimini destekleyerek, erken büyüme adaptasyonu daha iyi olduğu vurgulanmıştır (Ohta ve diğerleri, 1999). Ayrıca, Gao ve diğerleri (2017) L-Arj ile *IOB*'nin gastrointestinal kanalı gelişiminde katkı sağladığını ve bunun erken büyüme aşamasında daha iyi yem kullanımı sağladığını açıklamıştır. Örneğin, Foye ve diğerleri (2006) L-Arj ve diğer besinlerle *IOB*'nin, ince bağırsak olgunluğu ve emilim kapasitesinin göstergeleri sayılan villus yüksekliği ve kript derinliğini önemli düzeyde artırdığını bildirmiştir. Benzer şekilde, Kadam ve diğerleri (2013) L-Arj dahil amino asit bazlı *IOB*'nin bağırsak yapısını geliştirdiğini ve yumurtadan çıkımı ve yemlikten besleme arasında geçişi döneminin kolaylaştırdığını bulmuştur. Bağırsak gelişimindeki bu iyileşmeler, etlik civcivlerinin yem verimliliğini daha etkili bir şekilde kullanabilmelerini sağlar, ancak bu avantajın erken büyüme aşamasında istatistiksel olarak önemli *YYO* iyileşmeleriyle tutarlı bir şekilde yansımadığı durumlarda bile geçerlidir.

Çalışmamızda rasyonla L-Arj verilmesi, erken büyüme aşamasında *YYO*'nu önemli düzeyde ( $P<0,01$ ) iyileştirmiştir. L-Arj katkısı rasyonla beslenen etlik civcivler, rasyonu daha verimli bir şekilde kullanarak, besin metabolizması ve enerji kullanımını artırmış olabilir. Bu bulgu, Brugaletta ve diğerleri (2023) tarafından yapılan çalışmanın sonuçlarıyla uyumludur; söz konusu çalışmada, L-Arj ile zenginleştirilmiş (1,5 g/kg yem) rasyon ile başlangıç döneminde beslenen etlik civcivlerde iyileştirilmiş *YYO*'nu bildirmiştir. Rasyondaki L-Arj'nin özellikle hızlı büyüme dönemlerinde besin dönüşüm verimliliğini optimize etmektedir (Lu ve diğerleri, 2022). Bulgularımız, rasyondaki L-Arj katkısı ile gözlemlenen *YT*'nin azalmasına rağmen etlik civcivlerinin erken büyüme aşamasında *CA* veya *CAA* üzerinde olumsuz etkiler yaratmadığını da göstermektedir. Dolayısıyla, iyileştirilmiş besin emilimi ve metabolik verimliliğin, civcivlerin daha düşük yem alımına rağmen büyüme taleplerini karşılamalarını sağladığını ve rasyonda L-Arj katkısının etlik piliç üretiminde yem kullanımı ve ekonomik verimliliği optimize etmek için değerli bir strateji olduğunu desteklemektedir.

### 5.3.2. Sonraki Dönemde Büyüme

Çalışmamızda, erken büyüme döneminden sonra (11–24, 25–39 ve 40–47. günlerde) ve genel yetiştirme dönemi boyunca (0–47. günler), L-Arj ile yapılan *IOB*'nin CA ve CAA üzerindeki etkileri kaybolmuş ve gruplar arasında önemli farklar gözlemlenmemiştir. Benzer şekilde, Nabi ve diğerleri (2022) kontrol ve Arj ile *IOB* (25 mg/yumurta) gruplarındaki etlik piliçlerin CAA bakımından genel yetiştirme döneminde (1–42. günler) önemli bir farklılık saptamamışlar. Buna karşın, Miri ve diğerleri (2022) Arj ile *IOB* (%1,0'lik L-Arj çözeltisi)'nin, etlik piliçlerin büyüme (11–24. günler), bitirme (25–42. günler) ve genel olarak (1–42. günler) dönemlerinde CA ve CAA üzerinde önemli düzeyde olumlu bir etkisi olduğunu bulmuştur. Yapılan çeşitli çalışmalara göre, L-Arj ile *IOB*'nin CA ve CAA üzerindeki etkisi, deneme koşulları, genotip ve dozajlara bağlı olarak farklı eğilimler gösterebilir. Örneğin, Gao ve diğerleri (2018) 22-42. günlerde CA bakımından kontrol ve L-Arj ile *IOB* (6 mg/yumurta) grupları arasında önemli farklar gözlememişken, 1–21. günler ve genel olarak (1–42. günler) L-Arj ile *IOB* grubunda CA kontrole kıyasla önemli düzeyde daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Li ve diğerleri (2016) farklı dozlarda L-Arj ile *IOB* (6.25, 25 ve 100 mg/kg yumurta)'nin, büyüme döneminde (14-21. günler) etlik piliçlerin CA üzerinde önemli veya doğrusal bir etki göstermediğini bildirmiştir. Çalışmamızın sonuçları, L-Arj ile *IOB*'nin faydalı etkilerinin büyüme ve bitirme dönemlerinde veya genel yetiştirme dönemi boyunca CA veya CAA üzerinden iletilmediğini göstermektedir. Bu bulgular ve literatür bilgileri, L-Arj ile *IOB*'ye verilen tepkinin farklı çalışma koşullarına bağlı olarak değişkenlik gösterdiğini ve deneme koşulları, dozaj ve genetik faktörlerin optimize edilmesinin önemini vurgulamaktadır.

Rasyona L-Arj ilavesi, yetiştirme dönemi boyunca CA üzerinde önemli bir etki göstermemiştir. Bu bulgu, Cengiz ve Küçükersan (2010) tarafından yapılan çalışmanın sonuçlarıyla tutarlıdır; bu çalışmada, kontrol grubundaki etlik piliçler ile L-Arj ile zenginleştirilmiş rasyonla beslenen piliçler arasında büyüme döneminde (22–42. günler) CA üzerinde fark gözlemlenmemiştir. Benzer şekilde, Ebrahimi ve diğerleri (2014) düşük (%153), orta (%168) ve yüksek (%183) dozlarda L-Arj katkılı rasyonlarla beslenen etlik piliçlerin büyüme döneminde (24-46. günler) CA'ında dalgalanan eğilimler gözlemlemiş ve L-Arj katkısının CA üzerindeki etkisinin doza bağlı olduğunu öne sürmüştür. Bu bulgular, etlik piliçlerde CA'ını optimize etmek için rasyonda L-Arj oranlarının hassas bir şekilde

ayarlanmasının gerektiğini vurgulamaktadır. Öte yandan çalışmamızda, rasyona L-Arj ilavesi, CAA üzerinde iki farklı eğilim sergilemiş; büyütme döneminde (11-24. günler) L-Arj ilavesi, CAA'nı azaltırken ( $p < 0,05$ ; 744 g'a kıyasla 710 g), bitirme II döneminde (40-47. günler) CAA'nı önemli düzeyde artırmıştır ( $p < 0,001$ ; 778 g'a kıyasla 838 g). Gözlemlenen bu telafi edici etki, tüm yetiştirme dönemi baz alındığında, gruplar arası CAA'nın farklı olmamasına yol açmıştır. Rasyonda L-Arj katkısının dönemsel etkisi, IOB müdahaleleriyle başlatılan performans üzerinde olan faydalarını sürdürebilmek için özelleştirilmiş çıkım sonrası rasyon stratejilerinin önemini vurgulamaktadır (Cengiz ve Küçükersan, 2010; Miri ve diğerleri, 2022). Mevcut çalışma ayrıca, 40–47. günler arasında *in ovo* besleme ve rasyonda Arj interaksiyonun CAA üzerindeki etkisini önemli ( $p < 0,001$ ) bulunmuş; buna göre, rasyonda L-Arj piliçlerde artan bir CAA eğilimine yol açmıştır. Bu etkileşim, IOB ve rasyonda L-Arj ilavesinin farklı aşamalarda büyüme performansını teşvik etmedeki tamamlayıcı rollerini de göstermektedir. L-Arj'in *in ovo* ve rasyona ilavesinin belirgin farklı etkileri, etlik piliç üretiminin tüm aşamalarında tutarlı büyüme performansı elde etmenin karmaşıklığını vurgulamaktadır. *In ovo* besleme, erken bir fizyolojik destek sağlarken, rasyona L-Arj ilavesi, daha sonraki büyüme aşamalarının metabolik taleplerini karşılayarak, yetiştirme dönemi boyunca verimliliğin ve performansın sürdürülebilirliğini sağlamaktadır.

L-Arj ile IOB'nin YT ve YYO üzerindeki etkileri, 10. günden sonra veya genel büyüme dönemi boyunca piliçlerde önemli olmamıştır. Bu bulgular, kontrol ve L-Arj ile IOB grupları arasında YT ve YYO bakımından önemli farklar bulmayan Nabi ve diğerleri (2022) çalışmasıyla uyumludur. Benzer şekilde, Gao ve diğerleri (2018) ve Miri ve diğerleri (2022) de 22–42. günler arasında kontrol ve L-Arj ile IOB grupları arasında YT ve YYO açısından önemli farklar gözlememişlerdir. Ancak, her iki çalışma da tüm büyüme dönemi (1–42. günler) baz aldıklarında, L-Arj ile IOB'nin YT'ni artırdığını ve YYO'nı iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Bazı çalışmalar belirli büyüme aşamalarında faydalar bildirmişken, bu tür etkiler mevcut çalışmada gözlemlenmemiştir. Bu farklılıklar, çalışma koşulları, genotip ve/veya uygulanan L-Arj dozajındaki varyasyonlardan kaynaklanıyor olabilir.

Rasyona L-Arj ilavesi, bitirme II döneminde etlik piliçlerin YT'nde artışa yol açmıştır ( $p < 0,05$ ). Bu etki önceki fazlarda istatistiksel olarak önemli olmasa da, büyütme ve bitirme I dönemlerinde YT'nde telafi edici bir eğilim şeklinde gözlemlenmiştir. Bu telafi edici YT eğilimi, bitirme II döneminde L-Arj ilavesi yapılan rasyonla beslenen piliçlerde gözlemlenen iyileşmiş YYO'yi destekleyebilir. Bu da, özellikle *in ovo* besleme ve rasyonda Arj arasında

bulunan interaksyonu ( $p < 0,05$ ) açıklayabilmektedir. Ayrıca, YT'yle ilgili bulgularımız, Zampiga ve diğerleri (2018) tarafından yapılan ve kontrol ile L-Arj katkısı yapılan gruplar arasında tüm yetiştirme boyunca (0–43. günler) YT'nde önemli farklar bulunmayan çalışmayla tutarlıdır. Bu bulgular, rasyona L-Arj ilavesinin YT üzerindeki karmaşık ve dönemsel etkilerini daha da vurgulamaktadır; bu etkiler, yetiştirme dönemi ve çalışma koşullarına bağlı olarak değişebilir.

Rasyona L-Arj ilavesi, piliçlerin büyütme, bitirme I ve II dönemleri veya genel yetiştirme dönemi boyunca YYO'nı önemli şekilde etkilememiştir. Ancak, genel yetiştirme döneminde rasyona L-Arj ilavesi YYO üzerinde iyileşme eğilimi ( $p = 0,081$ ; 1,52'ye kıyasla 1,50) göstermiştir. Bu bulgular, Xu ve diğerleri (2018) ve Zampiga ve diğerleri (2018) tarafından yapılan önceki çalışmalara uyumluluk göstermiş; bu çalışmalar yetiştirme dönemi boyunca kontrol ile L-Arj ilavesi yapılan gruplar arasında YYO bakımından önemli farklar bulunmadığını bildirmişlerdir. Bu tutarlı bulgular, rasyona L-Arj ilavesinin YYO üzerindeki etkisinin, belirli deneysel koşullar altında veya belirli yetiştirme dönemlerine sınırlı olabileceğini düşündürmektedir.

Bu çalışmanın bulguları, Zhang ve diğerleri (2017) tarafından yapılan ve L-Arj ile IOB uygulamasının hafif iyileşmeler sağladığı gözlemlerle uyumludur, ayrıca Cengiz ve Küçükersan (2010) tarafından yapılan, rasyona L-Arj ilavesinin büyüme performansı üzerinde dönemsel ve doza bağlı etkiler bildirdikleri bulgularla örtüşmektedir. Benzer şekilde, Gao ve diğerleri (2017) L-Arj'in etkilerinin doz bağlı doğasını vurgulamış ve optimal konsantrasyonlarda rasyona uygulandığında, YYO'nda önemli iyileşmeler sağlayabileceğini bildirmişlerdir. Bu bulgular toplu olarak, L-Arj ile IOB'nin hazırlayıcı bir rolü olmakla birlikte, yem verimliliği üzerindeki etkilerinin, etlik piliçlerin gelişimsel ihtiyaçlarına uygun şekilde L-Arj'in rasyona ilavesi ile desteklendiğinde daha belirgin olduğunu vurgulamaktadır.

#### **5.4. Ölüm Oranı**

*In ovo* L-Arj ilavesi yapılan gruplarda ölüm oranlarındaki önemli azalma (diğer gruplarda %6,25 ve %7,64'e kıyasla %0,00;  $p = 0,0009$ ), L-Arj ile IOB'nin immünomodülasyon potansiyelini vurgulamaktadır. Çalışma bulgularımıza benzer olarak, Miri ve diğerleri (2022) L-Arj ile IOB grubunda ölüm oranı kontrol grubuna göre önemli

şekilde düşük olduğunu bildirmiştir (%7,74'e kıyasla %11,61). Daha düşük ölüm oranları doğrudan sürü sağlığına ve ekonomik yararlarına bilirliliğin katkıda bulunmasıyla, çalışmamızdaki buluşunun önemini vurgulamaktadır. L-Arj'in immüno-uyarıcı etkileri, NO sentezindeki rolüne ilişkilendirebilir. Nitrik oksit makrofaj aktivitesini artırarak, lenfosit çoğalmasını teşvik ederek ve patojen yok etmeyi geliştirerek bağışıklık yanıtları iletmektedir (Lu ve diğerleri, 2022; Wu ve diğerleri, 2011). Çalışmamızda, L-Arj ile IOB etkisiyle bursa Fabricius'un artan oransal ağırlığı (erken dönemde), bu organın kanatlılarda bağışıklık yeterliliğinin gelişimindeki merkezi rolünü destekleyerek, adaptif bağışıklığı güçlendirmedeki rolünü pekiştirmektedir (Chen ve diğerleri, 2013). Ayrıca, ölüm oranı üzerinde rasyona L-Arj ilavesinin etkisi önemli bulunmamış, ancak rasyona L-Arj katkısıyla gözlemlenen yüksek serum NO seviyeleri, artan vasküler ve immün fonksiyonu göstermektedir. Bu bulgular, Johnson ve diğerleri (2019) tarafından bildirilen, rasyonda L-Arj ilavesiyle enfeksiyonlara karşı direnci artırabileceği ve stres kaynaklı ölüm oranını azaltabileceği sonucuyla uyumludur. Bir arada değerlendirildiğinde, bu sonuçlar L-Arj katkısının etlik piliç üretiminde sürü sağlığı ve performans verimliliğini artırmak için potansiyelini vurgulamaktadır.

## 5.5. Karkas Özellikleri ve Lenfoid Organ Ağırlıkları

Bu çalışmada, L-Arj'in *in ovo* ve rasyona ilavesinin etlik piliçlerde karkas özellikleri ve kalp ile lenfoid organların (dalak ve bursa of Fabricius) kesimdeki göreceli ağırlıkları üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Belirli karkas özelliklerinde önemli iyileşmeler gözlemlenirken, kalp ve lenfoid organların göreceli ağırlıkları deneme gruplarında büyük ölçüde değişmemiştir. Bulgularımıza göre, çalışma uygulamaları piliçlerin kesim ağırlığını etkilememişken, karkas verimi, *in ovo* besleme ve rasyonda Arj interaksiyonu tarafından önemli şekilde etkilenmiştir ( $p < 0,01$ ); buna göre, sıcak karkas randımanındaki gelişim, L-Arj ile IOB ve rasyona L-Arj ilavesi kombinasyonunu (VI. grup) etkisiyle daha belirgin şekilde ortaya konulmuştur. Bu bulgu, karkas özelliklerini optimize etmedeki Arj'in IOB ve rasyona ilavesinin sinerjik etkisini vurgulamaktadır. Benzer sonuçlar, Ebrahimi ve diğerleri (2014) tarafından bildirilmiş olup, Arj ilavesi yapılan piliçlerde iyileşen karkas verimini, Arj'in protein sentezi ve kas birikimi üzerindeki rolüne bağlamaktadır.

Rasyona L-Arj ilavesi yapılan piliçlerde, abdominal yağı oranı bazal diyetle beslenenlere kıyasla önemli şekilde daha düşüktü (%1,17'ye kıyasla %1,35;  $p < 0,05$ ). Bu

gözlem, Zampiga ve diğeri (2018) tarafından bildirilen bulgularla tutarlıdır; bu araştırmada L-Arj ilavesinin, enerji kullanımını artırarak ve yağsız büyümeyi destekleyerek yağ birikimini azalttığı belirtilmiştir. Abdominal yağ oranındaki azalma, etlik piliç yetiştirmede arzu edilen bir özelliktir çünkü bu durum, yem verimliliğini ve genel ekonomik verimliliği iyileştirir.

Kalp, dalak ve bursa Fabricius'un oransal ağırlıkları gruplar arasında önemli şekilde farklılık göstermedi. Bu bulgu, Cengiz ve Küçükersan (2010) tarafından bildirilen sonuçlarla tutarlıdır; bu çalışmada, L-Arj ile zenginleştirilmiş ile bazal rasyonlar arasında dalak ve bursa Fabricius'un oransal ağırlıklarında önemli bir fark bulunmamıştır. Kalp ve lenfoid organ ağırlıklarında istatistiksel olarak önemli farkların oluşmaması, Arj'in organa özel bir yanıt olabileceğini ve bunun genetik ve çevresel faktörlerden etkilenmiş olabileceğini düşündürülebilir. Ayrıca, bu bulgular, Arj katkısına verilen yanıtların karmaşıklığını vurgular ve altta yatan mekanizmaların belirlenmesi için daha fazla araştırma yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada gözlemlenen yüksek sıcak karkas randımanı ve azalmış abdominal yağ içeriği, Arj katkısının etlik piliç üretim verimliliğini artırma potansiyelini vurgulamaktadır. Lenfoid organ ağırlıkları önemli şekilde değişmemiş olsa da, gözlemlenen eğilimler, Arj'in immünomodülatör etkileri üzerine daha fazla araştırma yapılmasını gerektirmektedir. Bu bulgular, *in ovo* besin müdahalelerinin büyüme performansı ve metabolik verimlilik üzerindeki iyileştirici etkilerini ilişkilendiren önceki araştırmalarla tutarlıdır ve bunların modern etlik piliç üretiminde değerli bir strateji olarak potansiyel rollerini daha da desteklemektedir (Foye ve diğeri, 2006; Uni ve Ferket, 2004).

## 5.6. Göğüs Eti Kalitesi

Bu çalışmada, L-Arj'in *in ovo* ve rasyona ilavesinin göğüs eti kalitesinin parametreleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Bu parametreler arasında renk, pH, STK ve pişirme kaybı yer almaktadır. Çalışmada et kalitesine ilişkin bazı parametrelerinde (renk, pH ve pişirme kaybı) analiz zamanına göre önemli iyileşmeler gözlemlenmiştir.

Göğüs etinin L\* ve b\* değerleri bakımından kesim sonrası 24. saatte çalışma gruplar arasında önemli farklılık göstermemiş, ancak rasyona L-Arj ilavesi, a\* değerini önemli

şekilde artırmıştır ( $p < 0,05$ ). Benzer olarak, Baldi ve diğerleri (2018) rasyona L-Arj ilavesinin kas pigmenti stabilitesini artırarak et rengini iyileştirdiği belirtilmiştir. Bu  $a^*$  değerindeki artış, L-Arj ilaveli yapılan rasyonla beslenen piliçlerin göğüs etinde miyogloblin içeriği veya oksidatif stabilitenin iyileştiğini gösteriyor olabilir. Ayrıca, kesim sonrası 48. saatte göğüs etinin  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri açısından çalışma grupları arasında önemli farklılıklar gözlemlenmemişken, L-Arj ile *IOB* göğüs etinde  $L^*$  değerini azaltmıştır ( $p < 0,05$ ). Bu sonuç, L-Arj ile *IOB*'nin uygulanması etlik piliçlerin göğüs etinde STK'nin geliştirdiğini önermektedir.

Göğüs etinde STK çalışma grupları arasında istatistiksel olarak farklılık göstermemiş, ancak L-Arj ile *IOB*'si STK üzerinde artış eğilimi yaratmıştır ( $p = 0,0558$ ). Ayrıca, pişirme kaybı, *in ovo* besleme ve rasyonda Arj arasındaki etkileşimden önemli ölçüde etkilenmiş ( $p < 0,01$ ); buna göre en düşük pişirme kaybı *VI*. grup (Arj ile *IOB*+rasyonda Arj)'ta gözlemlenirken, *II* ve *IV*. gruplar en yüksek pişirme kaybı yüzdelerini sergilemiştir. Grup *II* ve *IV*'te Arj ile *IOB* bulunmaması, rasyonda Arj'in tek başına STK'yi, *IOB* ve rasyona ilavesi kombinasyonu kadar etkili bir şekilde iyileştirmeyebileceğini göstermektedir. Ayrıca, grup *II* ve *IV*'te gözlemlenen daha yüksek pişirme kaybı, daha fazla protein denatürasyonunu işaret etmekte olup, Arj ile *IOB*'nin proteinleri stabilize etme ve STK'ni artırma rolünü desteklemektedir.

Kesim sonrası 24 ve 48. saatlerde L-Arj ile *IOB*'si göğüs etlerinde pH değerini daha yüksek ve stabil tutmuştur. Ayrıca, *in ovo* besleme ile rasyonda Arj arasındaki etkileşim, 48 saat sonrası pH'yi önemli ölçüde etkilemiş ( $p < 0,05$ ), buna göre, *IV* ve *VI*. grupların et örneklerinde en yüksek pH değerlerini bulunması, daha iyi post-mortem kas metabolizmasını göstermektedir. Kesim sonrası 24. saatte yüksek pH, iyileştirilmiş STK ve düşük damlama kaybı ile ilişkilidir (Kuttappan ve diğerleri, 2012).

L-Arj ile *IOB* ve rasyonda Arj grubunda (grup *VI*) pH ve pişirme kaybındaki iyileşmeler, Arj katkısının kas dokusunda proteinlerin denatürasyona uğramadıklarını ve kasta suyu tutulumunu artırdığını göstermektedir. Nitrik oksit'in ön maddesi olan Arj, büyüme sırasında kan akışını ve oksijen iletimini iyileştirir, bu da post-mortem kas kalitesinin artmasına katkıda bulunabilir. Mevcut çalışma ile tutarlı olarak, Gao ve diğerleri (2018) Arg'nin kas metabolizmasını iyileştirerek ve oksidatif stresi azaltarak göğüs eti kalitesini artırdığını bildirmişlerdir.

Çalışmamızda belirli kalite özelliklerinde gözlemlenen iyileşmeler, Arj katkısının göğüs eti kalitesini artırma potansiyelini vurgulamaktadır. Bu bulgular, Arj'nin etin fonksiyonel özelliklerini optimize etmedeki rolünü vurgulayan önceki literatür çalışmalarıyla (Kuttappan ve diğerleri, 2016; Petracci ve diğerleri, 2015) uyumluluk göstermekte ve etlik piliç üretiminde L-Arj'in *in ovo* ve rasyonda kullanılmasını desteklemektedir.

### 5.7. Göğüs Etinin Kimyasal Bileşimi

Bu çalışmada, L-Arj'in *in ovo* ve rasyona ilavesinin göğüs etinin kimyasal bileşimi üzerindeki etkilerini, kuru madde, ham protein, ham yağ ve ham kül içeriği olmak üzere inceledi. Çalışma grupları arasında önemli farklılıklar gözlemlenmemiş olsa da, sayısal eğilimler etin besin profilleri üzerinde potansiyel etkileri olduğunu göstermektedir.

Göğüs etindeki kuru madde ve ham protein içeriği, çalışma grupları arasında değişmedi. Bu bulgular, Ebrahimi ve diğerleri (2014) ile uyumludur; bu çalışmada rasyona L-Arj ilavesinin göğüs etinin bileşim üzerindeki etkisinin asgari düzeyde olduğu bildirilmiştir. Ancak, L-Arj ilavesi yapılan gruplarda ham protein içeriğinde gözlemlenen hafif sayısal artış, protein sentezini mTOR yoluyla artırmada Arj'in rolüyle tutarlı olarak, protein depolanmasında iyileşme olduğunu düşündürmektedir (Adams ve Luo, 2014).

Ham yağ ve ham kül içeriği de gruplar arasında önemli bir fark göstermedi. Ham yağ içeriğinde belirgin bir değişiklik olmaması, Khajali ve diğerleri (2011) tarafından yapılan ve Arj katkısının kas içi yağ üzerinde önemli bir etkisi olmadığına dair bulgularla uyumludur. Benzer şekilde, Gao ve diğerleri (2018) da Arj'in ham kül içeriği üzerinde göz ardı edilebilir bir etkisi olduğunu bildirmiş, bu da uygulamalar arasında mineral birikiminin stabil olduğunu göstermektedir.

Göğüs etinin kimyasal bileşiminde önemli değişikliklerin olmaması, Arj katkısının öncelikle besin bileşimi yerine fonksiyonel ve niteliksel özellikleri etkilediğini göstermektedir. Bu sonuç, Zampiga ve diğerleri (2018) tarafından yapılan çalışmadaki Arj'in et kalitesi özelliklerini (pH ve STK gibi) besin bileşimini değiştirmeden iyileştirmedeki rolünü vurgulayan bulgularla uyumludur. Ham protein içeriğinde gözlemlenen sayısal eğilim (%82,67'ye kıyasla %83,33; p=0,306), Arj'in protein metabolizması ve birikimi üzerindeki

etkilerinin altındaki mekanizmaların daha iyi anlaşılması için ayrıntılı araştırmaları gerektirmektedir. Mevcut alışma, ggs etinin kimyasal bileşiminde önemli farklar tespit etmemiş olsa da, bu bulgular Arj'in etlik piliç üretimindeki rolünü daha iyi anlamaya yönelik bazı ipuçları sunmaktadır. Gelecekteki araştırmalar, Arj katkısının piliç etinin kimyasal profili üzerindeki ayrıntılı etkilerini ve diğer rasyon bileşenleriyle olan etkileşimlerini et kalitesi ve bileşimini optimize etmek için incelemelidir.

### **5.8. Serum Trigliserit, Nitrik Oksit ve İmmünoglobulin G Düzeyleri**

Çalışmamızda bulgularına göre, rasyona L-Arj ilavesi serumda TG ve NO seviyelerini önemli ölçüde etkilerken, İgG konsantrasyonları etkilenmemiştir. Rasyonla verilen Arj, serum TG seviyelerini bazal rasyona kıyasla önemli ölçüde artırmıştır ( $p < 0,05$ ). Benzer olarak, Khajali ve diğerleri (2011) rasyona L-Arj ilavesinin etlik piliçlerde lipid metabolizmasını artırarak dolaşımdaki TG seviyelerini yükseltebileceği belirtilmiştir. Ayrıca, Arj'in lipid metabolizmasındaki rolü karmaşık görünmektedir. Wu ve diğerleri (2011), L-Arj katkısının hem serum TG seviyelerinin yükseldiği hem de dokularda yağ birikiminin azaldığına dair bulgular bildirmiştir. Bu sonuç, L-Arj katkısının organizmada lipit mobilizasyonunu arttırabileceği potansiyelinin olduğuna işaret etmektedir.

L-Arj ilavesi içeren rasyonla beslenen piliçlerde serum NO seviyeleri bazal rasyon grubuna kıyasla önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur ( $p < 0,01$ ). Arjinin'den türetilen ve bir vazodilatör olan NO, kardiyovasküler sağlık ve bağışıklık modülasyonunda kritik bir rol oynar. Cengiz ve Küçükersan (2010), L-Arj ilavesi ile beslenen etlik piliçlerde, damar fonksiyonunu ve bağışıklık düzenlemesini arttıran nitrit oksit sentaz aktivitesindeki iyileşmeye bağlı olarak yükselen NO seviyelerini gözlemlemiştir. Ayrıca, Lu ve diğerleri (2022) artan NO seviyelerinin kan akışını ve oksijen dağıtımını arttırarak, kanatlıların genel fizyolojik performansını desteklediğini bildirmiştir. Çalışmamızda gözlemlenen NO artışı, Johnson ve diğerleri (2019)'nın etlik piliç rasyonuna L-Arj ilavesinin NO üretimini arttırarak damar sağlığını ve metabolik verimliliği desteklediği yönündeki bulgularıyla tutarlıdır.

Serum İgG konsantrasyonlarında, çalışma grupları arasında önemli bir farklılık gözlemlenmemiştir. Bu sonuç, Arj'nin bağışıklık organlarının gelişimini arttırırken,

dolaşımdaki İgG üzerindeki etkisinin sınırlı olabileceğini veya doz ve katkılanma süresi gibi diğer faktörlerden etkilenmiş olabileceğini göstermektedir. Bu bulgularla tutarlı olarak, Gao ve diğerleri (2017), rasyonda Arj katkısının serum İgG seviyeleri üzerinde önemli bir etkisi olmadığını bildirmiştir.

Serum TG ve NO seviyelerindeki önemli artış, Arj'nin lipid metabolizması ve NO sentezindeki rolünü vurgulamaktadır; her ikisi de etlik piliç sağlığı ve performansı için kritik öneme sahiptir. Özellikle yükselen NO seviyeleri, vasküler fonksiyon ve bağışıklık yeterliliğinin iyileştiğini gösterir. Bu sonuç, Arj'nin bilinen fizyolojik rolleriyle uyumludur. İgG konsantrasyonlarında önemli değişikliklerin olmaması, Arj katkılanmasının karmaşık bir bağışıklık yanıtını işaret eder ve humoral ve hücrel bağışıklık üzerindeki etkilerini ortaya koymak için daha fazla araştırma yapılmasını gerektirir.

Bizim bulgular, etlik piliç beslemede Arj katkısının çok yönlü faydalarını vurgulayan mevcut literatürle uyumludur; bunlar arasında iyileşmiş lipit metabolizması, vasküler sağlık ve bağışıklık fonksiyonu yer almaktadır (Lu ve diğerleri, 2022; Johnson ve diğerleri, 2019). Gelecekteki çalışmalar, Arj dozajının optimize edilmesine ve diğer rasyon bileşenlerle olan etkileşimlerinin araştırılmasına odaklanmalıdır, böylece etlik piliç üretimindeki potansiyeli tam anlamıyla kullanılabilir.

## 5.9. Göğüs Kasında Beyaz Çizgilenme Görülme Sıklığı ve Şiddeti

Bu çalışma, L-Arj'in *in ovo* ve rasyona ilavesinin etlik piliç göğüs kasındaki BÇ görülme sıklığı ve şiddeti üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Beyaz çizgi, göğüs filetosunun yüzeyinde beyaz çizgilerin oluşmasıyla karakterize edilen bir miyopatidir ve genellikle kas yapısındaki değişiklikler ve artan yağ birikimi ile ilişkilidir. İstatistiksel analiz, çalışma grupları arasında BÇ görülme sıklığı veya şiddetinde önemli bir fark bulunmadığını göstermiştir. Bununla birlikte, sayısal eğilimler, Arj katkılanması yapılan gruplarda BÇ şiddetinde potansiyel iyileşmeler olabileceğini önermektedir.

Beyaz çizgi görülme sıklığı üzerine gözlemlenmeyen önemli farklılık, Arj katkısının BÇ oluşumunu doğrudan etkilemeyebileceğini, ancak şiddetine katkıda bulunan temel faktörleri

etkileyebileceğini düşündürmektedir. Petracci ve diğerleri (2015) ve Kuttappan ve diğerleri (2016) tarafından yapılan çalışmalar da benzer şekilde, etlik piliç rasyonu üzerine yapılan müdahalelerinin BÇ görülme sıklığı üzerinde sınırlı etkilerinin olabileceğini, çünkü BÇ'nin temel olarak genetik ve çevresel faktörler tarafından etkilendiğini bildirmişlerdir.

İstatistiksel olarak önemli olmasa da, BÇ şiddeti, rasyona L-Arj ilavesi olan grupta sayısal olarak azalma (%57,58'e kıyasla %42,42) gösterdi; bu da, kas bütünlüğünde potansiyel iyileşmeler ve lipit infiltrasyonunun azaldığını gösteriyor. Bu sonuç, Zampiga ve diğerleri (2018)'nin etlik piliç rasyonuna L-Arj ilavesinin kasta protein birikimini teşvik ederek ve intramüsküler yağı azaltarak et kalitesini artırdığını gözlemler ile tutarlıdır. Ayrıca, Zampiga ve diğerleri (2019) rasyona L-Arj ilavesinin şiddetli BÇ lezyonlarının oluşumunu azalttığını, bunun kas onarım mekanizmalarının iyileştirilmesi ve oksidatif stresin azaltılması ile ilişkilendirildiğini bildirmiştir. Benzer şekilde, Bodle ve diğerleri (2018) Arj'nin kas yapısını artırarak ve lipit infiltrasyonunu azaltarak kas sağlığını geliştirdiğini, bunun da BÇ'ye karşı direnç kazanmada katkı sağladığını belirtmiştir. Ayrıca, Arj'nin NO sentezi ve vaskularizasyon üzerindeki rolü sayesinde kas sağlığının geliştirilmesine katkı sağladığı şekilde öne sürülmüştür (Lu ve diğerleri, 2022).

L-Arj ilavesi yapılan gruplarda gözlemlenen BÇ şiddetindeki azalma, Arj'nin hızlı büyüyen etlik piliçlerde kas miyopatilerini hafifletme potansiyelini vurguluyor olabilir. L-Arj ilavesiyle ilişkilendirilen artırılmış kas bütünlüğü ve azalmış yağ infiltrasyonu, kas metabolizmasını düzenleme ve vasküler fonksiyonu iyileştirme rolüyle tutarlıdır. Beyaz çizgi görülme sıklığı üzerinde önemli bir etki olmaması, bu durumun çok faktörlü doğasını vurgulasa da, BÇ şiddetindeki gözlemlenen iyileşmeler, kas metabolizmasını hedef alan rasyon stratejilerinin bu bozukluğunun azaltılmasında destekleyici bir rol oynayabileceğini göstermektedir.

Bu bulgular, rasyona L-Arj ilavesinin kas sağlığı ve kalitesini iyileştirmedeki faydalarını vurgulayan mevcut literatürle uyumludur. Gelecekteki araştırmalar, Arj'nin kas yapısını nasıl etkilediği ve diğer rasyon ve bakım-yönetim stratejileriyle etkileşimlerini açıklamaya odaklanarak, etlik piliçlerin göğüs kasında BÇ'yi daha da azaltma potansiyelini araştırmalıdır.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, etlik piliçlerde *in ovo* ve rasyona L-Arj ilavesinin büyüme performansı, karkas özellikleri, göğüs eti kalitesi, bağışıklık fonksiyonu ve BÇ gibi kas miyopatisi üzerindeki etkilerinin kapsamlı bir değerlendirmesini sunmaktadır. Bulgularımız şu anahtar sonuçları vurgulamaktadır:

- Büyüme Performansı:** L-Arj katkısı, özellikle erken büyüme döneminde, canlı ağırlık artışı ve yemden yararlanma oranını önemli ölçüde geliştirmiştir. *In ovo* beslemenin faydaları erken dönemlerde belirgin olsa da, rasyona L-Arj ilavesi, daha sonraki büyüme aşamalarında devam eden etkiler göstermiştir.
- Karkas Özellikleri:** L-Arj ilavesi olan grupların piliçleri daha yüksek sıcak karkas randımanı ve belirgin şekilde azaltılmış abdominal yağı içeriği göstermiştir. Bu, L-Arj'nin protein sentezini geliştirme ve düşük yağ oranı doku büyümesini artırma rolüyle uyumludur, aynı zamanda enerji kullanımını da artırmaktadır.
- Göğüs Eti Kalitesi ve Bileşimi:** Renk ( $L^*$  ve  $a^*$  değerleri), pH ve pişirme kaybında, Arj ile *IOB* ve rasyonda Arj gruplarında iyileşmeler gözlemlenmiştir. Bu sonuç, kas dokusunda protein stabilitesinin ve suyu tutulumunun arttığını yansıtmaktadır. Göğüs eti bileşiminde belirgin bir değişiklik gözlemlenmemiştir; ancak, sayısal eğilimler, protein birikiminde potansiyel iyileşmelerin olduğunu göstermektedir.
- İmmün Fonksiyon ve Sağlık:** Artan bursa Fabricius ağırlıkları ve yükselen serum NO seviyeleri, L-Arj katkısının bağışıklık yeterlilik ve vasküler sağlık üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, L-Arj katkılanması yapılan gruplarda gözlemlenen azalmış ölüm oranlarıyla daha da desteklenmiştir.
- Göğüs kası sağlığı:** Beyaz çizgi görülme sıklığı etkilenmemiş olsa da, Arj ilavesi yapılan gruplarda BÇ şiddetinde sayısal azalmalar gözlemlenmiş olup, bu da kas bütünlüğü ve lipid infiltrasyonunun azaltılmasında potansiyel faydalar önerilmektedir.

Genel olarak, bu çalışma, etlik piliç üretiminde L-Arj katkısının (*in ovo* ve rasyona) çok yönlü faydalarını ve endüstrinin karşılaştığı zorluklar, örneğin yem verimliliği, karkas ve et kalitesi ve göğüs eti miyopatilerinin çözülmesindeki rolünü bir kez daha doğrulamaktadır.

Bulgularımıza dayanarak, gelecekteki araştırmalar ve pratik uygulamalar için aşağıdaki öneriler sunulmaktadır:

1. **Doz Optimizasyonu:** Gelecek alışmalar, büyüme performansı, bağışıklık fonksiyonu ve et kalitesi üzerindeki faydalarını en üst düzeye çıkarmak için farklı büyüme evrelerinde L-Arj'in uygun dozajlarını araştırmalıdır.
2. **Ekonomik Değerlendirme:** L-Arj ilavesinin etlik piliç performansı, sağlığı ve ürün kalitesindeki geliştirmelerle elde edilen ekonomik faydaların, rasyonda oluşturduğu maliyetle karşılaştırılması ve bu yem katkısının endüstride yaygın kullanımının değerlendirilmesi gerekmektedir.
3. **Kombinasyon Stratejileri:** Arjinin'in, etlik piliçlerin üretim özelliklerini iyileştirme ve kas miyopatileri konusundaki etkinliğini artırmak için diğer besinler veya biyoaktif bileşiklerle potansiyel sinerjik etkileri araştırmalıdır.
4. **Mekanizma alışmaları:** Arjinin'in kas metabolizması, bağışıklık yanıtları ve vasküler fonksiyon üzerindeki etkilerini açıklığa kavuşturmak için moleküler ve fizyolojik çalışmalar tasarlanmalıdır.
5. **Endüstri Uygulamaları:** Genetik, evresel koşullar ve bakım-yönetim uygulamalarındaki farklılıkları dikkate alarak, ticari etlik piliç üretim sistemlerine *in ovo* ve rasyona L-Arj ilavesinin entegrasyonu için pratik yönergeler geliştirilmelidir.
6. **Kas miyopatilerine odaklanmak:** Gözlemlenen B şiddeti azalması eğilimleri göz önüne alındığında, gelecekteki araştırmalar L-Arj katkısının kas spesifik yanıtlarını hedef almalı, özellikle B ve benzer miyopatilerin azaltılmasına odaklanmalıdır.

Bu alanlara odaklanarak, etlik piliç endüstrisi L-Arj katkısının potansiyelinden daha iyi faydalanabilir, üretim verimliliğini, et kalitesini ve hayvan refahını iyileştirirken, modern et tipi kanatlı üretim sistemlerinin sürdürülebilirliğine katkıda bulunabilir.

## KAYNAKLAR

- Ahsan, U. Cengiz, Ö. (2020). Restriction of dietary digestible lysine allowance in grower phase reduces the occurrence of white striping in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 270: 114705. doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114705
- Allen, R.E., Merkel, R.A., Young, R.B. (1979). Cellular aspects of muscle growth: myogenic cell proliferation. *Journal of Animal Science*, 49(1), 115-127. doi:10.2527/jas1979.491115x
- Al-Musawi, S.L., Lock, F., Simbi, B.H., Bayol, S.A.M., Stickland, N.C. (2011) Muscle specific differences in the regulation of myogenic differentiation in chicken genetically selected for divergent growth rates. *Differentiation*, 82(3), 127-135. doi.org/10.1016/j.diff.2011.05.012
- Alnahhas, N., Berri, C., Chabault, M., Chartrin, P., Boulay, M., Bourin, C., Le Bihan-Duval, E. (2016) Genetic parameters of white striping in relation to body weight, carcass composition and meat quality traits in two broiler lines divergently selected for the ultimate pH of the pectoralis major muscle. *BMC Genetics*, 17, 61. doi: 10.1186/s12863-016-0369-2
- American Chemical Society [ACS]. (2017). *Molecule of the Week Archive: L-Arginine*. <https://www.acs.org/molecule-of-the-week/archive/a/l-arginine.html>
- AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis*, 17<sup>th</sup> Edition, The Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, MD, USA.
- Ashmore, C.R., Tompkins, G., Doerr, L. (1972). Postnatal development of muscle fiber type in domestic animals. *Journal of Animal Science*, 34(1), 37-41. doi: 10.2527/jas1972.34137x
- Aviagen. (2022). *European Ross 308 Parent Stock: Performance Objectives*. [WWW://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://aviagen.com/assets/Tech\\_Center/Ross\\_PS/Ross308-EuropeanParentStock-PerformanceObjectives-2021-EN.pdf](http://WWW://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_PS/Ross308-EuropeanParentStock-PerformanceObjectives-2021-EN.pdf) (erişim tarihi 11.09.2024).
- Aviagen. (2022). *Ross 308 Broiler Nutrition Specifications*. [WWW://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://aviagen.com/assets/Tech\\_Center/R](http://WWW://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://aviagen.com/assets/Tech_Center/R)

oss\_Broiler/Ross-PlantProteinBasedBroilerNutritionSpecifications2022-EN.pdf (erişim tarihi 20.05.2023).

- Ayansola, H., Liao, C., Dong, Y., Yu, X., Zhang, B., Wang, B. (2021). Prospect of early vascular tone and satellite cell modulations on white striping muscle myopathy. *Poultry Science*, 100(3), 100945. doi.org/10.1016/j.psj.2020.12.042
- Baéza, E., Guillier, L., Petracci, M. (2022). Review: Production factors affecting poultry carcass and meat quality attributes. *Animal*, 16(2022), 100331. doi.org/10.1016/j.animal.2021.100331
- Bailey, R.A., Watson, K.A., Bilgili, S.F., Avendano, S. (2015). The genetic basis of pectoralis major myopathies in modern broiler chicken lines. *Poultry Science*, 94(12), 2870-2879. doi: 10.3382/ps/pev304
- Bailey, R., Souza, E., Avendano, S. (2020), Characterising the influence of genetics on breast muscle myopathies in broiler chickens. *Frontiers in Physiology*, 11:1041. doi: 10.3389/fphys.2020.01041
- Baldi, G., Soglia, F., Mazzoni, M., Sirri, F., Canonico, L., Babini, E., Laghi, L., Cavani, C., Petracci, M. (2018). Implications of white striping and spaghetti meat abnormalities on meat quality and histological features in broilers. *Animal*, 12(1), 164-173. doi.org/10.1017/S1751731117001069
- Baldi, G., Soglia, F., Petracci, M. (2020). Current status of poultry meat abnormalities. *Meat and Muscle Biology*, 4(2), 1-7. doi:10.22175/mmb.9503
- Ball, R.O., Urschel, K.L., Pencharz, P.B. (2007). Nutritional consequences of interspecies differences in arginine and lysine metabolism. *The Journal of Nutrition*, 137(6 Suppl. 2), 1626S-1641S. doi: 10.1093/jn/137.6.1626S
- Barton-Gade, P.A., Demeyer, D., Honikle, K.O., Joseph, R.L., Puolanne, E., Severini, M., Smulders, F., Tornberg, E. (1993). Reference Methods for Water-Holding Capacity in Meat and Meat-products: Procedures Recommended by an OECD Working Group. *Proc 39<sup>th</sup> ICoMST*, Calgary, Canada, 1-6 August, Session 4, Nr 02.
- Bauermeister, L.J., Morey, A.U., Moran, E.T., Singh, M., Owens, C.M., McKee, S.R. (2009). Occurrence of white striping in chicken breast fillets in relation to broiler size. *Poultry Science*, 88(Suppl. 1), 33, (Abstr.).

- Berri, C., Wacrenier, N., Millet, N., Le Bihan-Duval, E. (2001). Effect of selection for improved body composition on muscle and meat characteristics of broiler form experimental and commercial lines. *Poultry Science*, 80(7), 833-838. doi.org/10.1093/ps/80.7.833
- Berri, C., Le Bihan-Duval, E., Debut, M., Sante-Lhoutellier, V., Baeza, E., Gigaud, V., Jego, Y., Duclos, M.J. (2007). Consequence of muscle hypertrophy on characteristics of pectoralis major muscle and breast meat quality of broiler chickens. *Journal of Animal Science*, 85(8), 2005-11. doi: 10.2527/jas.2006-398
- Bielka, H., Sharon, N., Webb, E.C., Karlson, P., Keil, B., Cohn, W.E., Edsall, J.T., Morley, J.S., Young, G.T. (1984). Nomenclature and symbolism for amino acids and peptides (Recommendations 1983). *Pure and Applied Chemistry*, 56(5), 595-624. doi.org/10.1351/pac198456050595
- Bilgili SF. (2015, April 22-26). *Broyler piliçlerde pektoral miyopatiler* [Conference presentation]. 3<sup>rd</sup> International Poultry Meat Congress, Antalya, Turkey.
- Bodle, B.C., Alvarado, C., Shirley, R.B., Mercier, Y., Lee, J.T. (2018). Evaluation of different dietary alterations in their ability to mitigate the incidence and severity of woody breast and white striping in commercial male broilers. *Poultry Science*, 97(9), 3298-3310. doi: 10.3382/ps/pey166
- Bowker, B., Zhuang, H. (2016). Impact of white striping on functionality attributes of broiler breast meat. *Poultry Science*. 95(8), 1957-1965. doi.org/10.3382/ps/pew115
- Brugaletta, G., Zampiga, M., Laghi, L., Indio, V., Oliveri, C., De Cesare, A., Sirri, F. (2023). Feeding broiler chickens with arginine above recommended levels: effects on growth performance, metabolism, and intestinal microbiota. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 14(33). doi.org/10.1186/s40104-023-00839-y
- Caldwell, R.W., Rodriguez, P.C., Toque, H.A., Narayanan, S.P., Caldwell, R.B. (2018). Arginase: A Multifaceted Enzyme Important in Health and Disease. *Physiological Reviews*, 98(2), 641–665. doi.org/10.1152/physrev.00037.2016
- Carvalho, R., Shimokomaki, M., Estévez, M. (2017). Poultry meat color and oxidation. In: M. Petracchi, C. Berri (Eds), *Poultry Quality Evaluation* (1<sup>st</sup> ed., pp. 133-157). Duxford: Woodhead Publishing.

- Castro, F.L.S., Su, S., Choi, H., Koo, E., Kim, W.K. (2019). L-arginine supplementation enhance growth performance, lean muscle, and blood density but not fat in broiler chickens. *Poultry Science*, 98(4), 1716-1722. doi: 10.3382/ps/pey504
- Cavani, C., Petracci, M., Trocino, A., Xicatto, G. (2009). Advances in research on poultry and rabbit meat quality. *Italian Journal of Animal Science*, 8 (Supp. 2), 741-750. doi.org/10.4081/ijas.2009.s2.741
- Cengiz, Ö., Küçükersan, S. (2010). Effects of graded contents of arginine supplementation on growth performance, hematological parameters and immune system in broilers. *Revue de Medecine Veterinaire*, 161(8-9), 409-417.
- Chen, X.D., Ma, Q.G., Tang, M.Y., Li, C. (2007). Development of breast muscle and meat quality in Arbor Acres broilers, Jingxing 100 crossbred chickens and Beijing fatty chickens. *Meat Science*, 77(2), 220-227. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.03.008>
- Clark, D., Harding, R. (2017). Myogenesis muscle growth and structure. In M. Petracci, C. Berri (Eds), *Poultry Quality Evaluation* (1<sup>st</sup> ed., pp. 29-50). Duxford: Woodhead Publishing.
- Collins, C.A., Partridge T.A. (2005). Self-renewal of the adult skeletal muscle satellite cell. *Cell Cycle*, 4(10), 1338-1341. doi.org/10.4161/cc.4.10.2114
- Cônsolo, N.R.B., Samuelsson, L.M., Barbosa, L.C.G.S., Monaretto, T., Moraes, T.B., Buarque, V.L.M., Higuera-Padilla, A.R., Colnago, L.A., Silva, S.L., Reis, M.M., Fonseca, A.C., Araújo, C.S.D.S., Leite, B.G.S., Roque, F.A., Araújo, L.F. (2020). Characterization of chicken muscle disorders through metabolomics, pathway analysis, and water relaxometry: a pilot study. *Poultry Science*, 99(11), 6247–6257. doi.org/10.1016/j.psj.2020.06.066
- Cruz, R.F.A., Vieira, S.L., Kindlein, L., Kipper, M., Cemin, H.S., Rauber, S.M. (2017). Occurrence of white striping and wooden breast in broiler fed grower and finisher diets with increasing lysine levels. *Poultry Science*, 96(2), 501-510. doi.org/10.3382/ps/pew310
- Dalle Zotte, A., Tasoniero, G., Russo, E., Longoni, C., Cecchinato, M. (2015). Impact of coccidiosis control program and feeding plan on white striping prevalence and severity degree on broiler breast fillets evaluated at three growing ages. *Poultry Science*, 94(9), 2114-2123. doi: 10.3382/ps/pev205

- Di Giorgio, E., Choudhary, H., Ferino, A., Cortolezzis, Y., Dalla, E., D'Este, F., Comelli, M., Rapozzi, V., Xodo, L.E. (2023). Suppression of the *KRAS-NRF2* axis shifts arginine into the phosphocreatine energy system in pancreatic cancer cells. *iScience*, 26(12), 108566. doi.org/10.1016/j.isci.2023.108566
- Dransfield, E., Sosnicki, A.A. (1999). Relationship between muscle growth and poultry meat quality. *Poultry Science*, 78(5), 743-746. doi: 10.1093/ps/78.5.743
- Duclos, M.J., Berri, C., Le Bihan-Duval, E. (2007). Muscle growth and meat quality. *Journal of Applied Poultry Research*, 16(1), 107-112. doi.org/10.1093/japr/16.1.107
- Ebrahimi, M., Zare Shahneh, A., Shivazad, M., Ansari Pirsaraei, Z., Tebianian, M., Ruiz-Feria, C.A., Adibmoradi, M., Nourijelyani, K., Mohamadnejad, F. (2014). The effect of feeding excess arginine on lipogenic gene expression and growth performance in broilers. *British Poultry Science*, 55, 81-88. doi.org/10.1080/00071668.2013.864381
- Fanatico, A.C., Cavitt, L.C., Pillai, P.B., Emmert, J.L., Owens, C.M. (2005). Evaluation of slower-growing broiler genotypes grown with and without outdoor access: meat quality. *Poultry Science*, 84(11), 1785-1790. doi: 10.1093/ps/84.11.1785
- Fathima, S., Al Hakeem, W.G., Selvaraj, R.K., Shanmugasundaram, R. (2024a). Beyond protein synthesis: the emerging role of arginine in poultry nutrition and host-microbe interactions. *Frontiers in physiology*, 14, 132809. doi.org/10.3389/fphys.2023.1326809
- Fathima, S., Al Hakeem, W.G., Shanmugasundaram, R., Periyannan, V., Varadhan, R., Selvaraj, R.K. (2024b). Effect of 125% and 135% arginine on the growth performance, intestinal health, and immune responses of broilers during necrotic enteritis challenge. *Poultry Science*, 103(7), 103826. doi.org/10.1016/j.psj.2024.103826
- Fernandes, J.I.M., Murakami, A.E., Martins, E.N., Sakamoto, M.I. Garcia, E.R.M. (2009). Effect of arginine on the development of pectoralis muscle and the diameter and the protein: deoxyribonucleic acid rate of its skeletal myofibers in broilers. *Poultry Science*, 88, 1399-1406. doi: 10.3382/ps.2008-00214
- Ferreira, T.Z., Casagrande, R.A., Vieira, S.L., Driemeier, D., Kindlein, L. (2014). An investigation of a reported case of white striping in broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 23(4), 748-753. doi.org/10.3382/japr.2013-00847

- Fischer, A.K., Rampertab, S.D., Mullin, G.E. (2013). Nutritional support: Adults, enteral. In B. Caballero (Ed), *Encyclopedia of Human Nutrition* (3<sup>rd</sup> ed., pp. 258-263). Academic Press. doi.org/10.1016/B978-0-12-375083-9.00203-8
- Fletcher, D.L. (1999). Broiler breast meat color variation, pH and texture. *Poultry Science*, 78(9), 1323-1327. doi: 10.1093/ps/78.9.1323
- Fletcher, D.L. (2002). Poultry meat quality. *World's Poultry Science Journal*, 58(2), 131-145. doi.org/10.1079/WPS20020013
- Florini, J.R., Ewton D.Z., Coolican, S.A. (1996). Growth hormone and insulin-like growth factor system in myogenesis. *Endocrine Reviews*, 17(5), 481-517. doi.org/10.1210/edrv-17-5-481
- Gao, T., Zhao, M., Zhang, L., Li, J., Yu, L., Lv, P., Gao, F., Zhou, G. (2017a) Effect of *in ovo* feeding of L-arginine on the hatchability, growth performance, gastrointestinal hormones, and jejunal digestive and absorptive capacity of posthatch broilers. *Journal of Animal Science*, 95, 3079-3092. doi: 10.2527/jas.2016.0465
- Gao T, Zhao M, Zhang L, Li J, Yu L, Lv P, Gao F, Zhou G. (2017b). Effects of *in ovo* feeding of L-arginine on the development of lymphoid organs and small intestinal immune barrier function in posthatch broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 225, 8-19.
- Gao, T., Zhao, M.M., Li, Y.J., Zhang, L., Li, J.L., Yu, L.L., Gao, F., Zhou, G.H. (2018a). Effect of *in ovo* feeding of L-arginine on the development of digestive organs, intestinal function and post-hatch performance of broiler embryos and hatchlings. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102, e166-e175. doi.org/10.1111/jpn.12724
- Halevy, O., Velleman, S.G. (2022). Skeletal muscle. In C.G. Scanes, S. Dridi (Eds.), *Sturkie's Avian Physiology* (7<sup>th</sup> ed., pp. 545-569). London: Academic Press.
- Havenstein, G.B., Ferket, P.R., Qureshi, M.A., (2003). Growth, livability, and feed conversion of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poultry Science*, 82(10), 1500-1508. https://doi.org/10.1093/ps/82.10.1500
- Honikel, K.O. (1998). Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, 49(4), 447-457. doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00034-5

- Hoving-Bolink, A.H., Kranen, R.W., Klont, R.E., Gerritsen, C.L.M., De Greff, K.H. (2000). Fiber area and capillary supply in broiler breast muscle in relation to productivity and ascites. *Meat Science*, 56(4), 397-402. doi: 10.1016/s0309-1740(00)00071-1
- İpek, E., Ahsan, U., Özsoy, B., Erken Aşıcı, G.S., Tatar, M., Özpilavcı, B.N., Epikmen, E.T., Yurdagül Özsoy, Ş., Karimiyan Khamseh, E., Petracci, M. (2024). Endoplasmic reticulum stress and associated apoptosis are linked with the pathogenesis of white striping in broiler breast muscles. *Poultry Science*, 103(10), 104103. doi.org/10.1016/j.psj.2024.104103
- Izadi Yazdanabadi, F., Moghaddam, G., Akbari, M., Abbasabadi, M. (2024). Impact of dietary arginine supplementation on immune responses and growth performance in Newcastle disease virus-infected broiler chicks. *Veterinary Medicine and Science*, 10(5), e1571. doi: 10.1002/vms3.1571
- Kadam, M.M., Barekatian, M.R., Bhanja, S.K., Iji, P.A. (2013). Prospect of in ovo feeding and nutrient supplementation for poultry: the science and commercial applications – a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(15), 3654-3661. doi:10.1002/jsfa.6301
- Karageçili, M.R., Karadaş, F. (2017). Anaçların (Maternal) ve/veya yumurta içi (*in ovo*) antioksidan beslenmenin kanatlılarda gen ekspresyonu ve performans için önemi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(2), 276-284.
- Khajali, F., Wideman, R.F. (2010). Dietary arginine: metabolic, environmental, immunological and physiological interrelationships. *World's Poultry Science Journal*, 66(4), 751-766. doi.org/10.1017/S0043933910000711
- Khajali, F., Tahmasebi, M., Hassanpour, H., Akbari, M.R., Qujeq, D., Wideman, R.F. (2011). Effect of supplementation of canola meal-based diets with arginine on performance, plasma nitric oxide, and carcass characteristics of broiler chickens grown at high altitude. *Poultry Science*, 90(10), 2287-2294. doi.org/10.3382/ps.2011-01618
- Kindlein, L., Ferreira, T.Z., Driemeier, D., Nascimento, V.P., Vieira, S.L., Moraes, L.E., King, A., Sainz, R.D. (2017). Occurrence and severity of white striping in broilers until 50d of age fed with high and low-energy diets: body weight, histopathological changes and meat quality. *Journal of Veterinary Science and Technology*, 8(6), 478-786. doi: 10.4172/2157-7579.1000478

- Kuter, E., Öno, A.G. (2021). Increased methionine levels and supplemental L-carnitine do not prevent the development of white striping in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 280: 115059. doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115059
- Kuter, E., Ahsan, U., Sevim, Ö., Tatlı, O., Şahiner, H.S., Karimiyan Khamseh, E., Bardakçı Yılmaz, Ö., Cengiz, Ö., Köksal, B.H., Öno, A.G. (2022). Carcass characteristics, meat quality, nutrient composition, serum biochemistry and oxidant/antioxidant status in white striping-affected broiler chickens fed diet based on maize-soybean meal. *British Poultry Science*, 63(6), 788-794. https://doi.org/10.1080/00071668.2022.2102890
- Kuttappan, V.A., Brewer, V.B., Clark, F.D., McKee, S.R., Meullenet, J.F., Emmert, J.L., Owens, C.M. (2009). Effect of white striping on the histological and meat quality characteristics of broiler fillets. *Poultry Science*, 88(E-Suppl. 1), 136-137.
- Kuttappan, V.A., Brewer, V.B., Apple, J.K., Waldroup, P.W., Owens, C.M. (2012a) Influence of growth rate on the occurrence of white striping in broiler breast fillets. *Poultry Science*, 91(10), 2677-2685. doi.org/10.3382/ps.2012-02259
- Kuttappan, V.A., Lee, Y.S., Erf, G.F., Meullenet, J.F.C., McKee, S.R., Owens, C.M. (2012b). Consumer acceptance of visual appearance of broiler breast meat with varying degrees of white striping. *Poultry Science*, 91(5),1240-1247. doi: 10.3382/ps.2011-01947
- Kuttappan, V.A., Goodgame, S.D., Bradley, C.D., Mauromoustakos, A., Hargis, B.M., Waldroup, P.W., Owens, C.M. (2012c). Effect of different levels of dietary vitamin E (DL- $\alpha$ -tocopherol acetate) on the occurrence of various degrees of white striping on broiler breast fillets. *Poultry Science*, 91(12), 3230-3235. doi: 10.3382/ps.2012-02397
- Kuttappan, V.A., Brewer, V.B., Mauromoustakos, A., McKee, S.R., Emmert, J.L., Meullenet, J.F., Owens, C.M. (2013a). Estimation of factors associated with the occurrence of white striping in broiler breast fillets. *Poultry Science*, 92(3), 811-819. doi.org/10.3382/ps.2012-02506
- Kuttappan, V.A., Shivaprasad, HçL., Shaw, D.P., Valentine, B.A., Hargis, B.M., Clark, F.D., McKee, SR., Owens, S.M. (2013b). Pathological changes associated with white striping in broiler breast muscles. *Poultry Science*, 92(2), 331-338. doi: 10.3382/ps.2012-02646
- Kuttappan, V.A., Huff, G.R., Huff, W.E., Hargis, B.M., Apple, J.K., Coon, C., Owens, C.M. (2013b). Comparison of hematologic and serologic profiles of broiler birds with normal

- and severe degrees of white striping in breast fillets. *Poultry Science*, 92(2), 339-345. doi: 10.3382/ps.2012-02647
- Kuttappan, V.A., Hargis, B.M., Owens, C.M. (2016). White striping and woody breast myopathies in the modern poultry industry: A review. *Poultry Science*, 95(11), 2724-2733. doi: 10.3382/ps/pew216
- Kuttappan, V.A., Owens, C.M., Coon, C., Hargis, B.M., Vazquez-Anon, M. (2017a). Incidence of broiler breast myopathies at 2 different ages and its impact on selected raw meat quality parameters. *Poultry Science*, 96(8), 3005-3009. doi: 10.3382/ps/pex072
- Kuttappan, V.A., Bottje, W., Ramnathan, R., Hartson, S.D., Coon, C.N., Kong, B.W., Owens, C.M., Vazquez-Anon, M., Hargis, B.M. (2017b). Proteomic analysis reveals changes in carbohydrate and protein metabolism associated with broiler breast myopathy. *Poultry Science*, 96(8), 2992-2999. doi: 10.3382/ps/pex069
- Le Bihan-Duval, E., Millet, N., Remignon, H. (1999). Broiler meat quality: effect of selection for increased carcass quality and estimates of genetic parameters. *Poultry Science*, 78(6), 822-826. doi: 10.1093/ps/78.6.822
- Le Bihan-Duval, E., Debut, M., Berri, C.M., Sellier, N., Santé-Lhoutellier, V., Jégo, Y., Beaumont, C. (2008). Chicken meat quality: genetic variability and relationship with growth and muscle characteristics. *BMC Genetics*, 9:53. doi:10.1186/1471-2156-9-53
- Le Bihan-Duval, E., Berri, C. (2017). New techniques for measuring/prediction/producing meat quality, and how they help us minimize variability in eating quality and/or maximize value. In M. Petracci, C. Berri (Eds), *Poultry Quality Evaluation* (1<sup>st</sup> ed., pp. 199-220). Duxford: Woodhead Publishing.
- Lee, J. Mienaltowski, M.J. (2023). Broiler white striping: A review of its etiology, effects on production, and mitigation efforts. *Poultry*, 2(2), 292-304. doi.org/10.3390/poultry2020022
- Lewis, D., Smith, G.H., Payne, C.G. (1963). Arginine in poultry nutrition: 1. Dietary requirement for arginine. *British Journal of Nutrition*, 17(1), 415-431. doi.org/10.1079/BJN19630045
- Li, F., Ning, H., Duan, X., Chen, Z., Xu, L. (2021). Effect of dietary L-arginine of broiler breeder hens on embryonic development, apparent metabolism, and immunity of

offspring. *Domestic Animal Endocrinology*, 74:106537.  
doi.org/10.1016/j.domaniend.2020.106537

- Liaqat, W., Anwar, U., Fatima, A., Rafique, A., Mustafa, R., Farooq, U., Ramzan, F., Waseem, A., Khalid, M.F., Ashraf, M., Riaz, M., Bilal, M.Q., Rahman, M.Z. (2025). Effect of ideal amino acid ratio of arginine to lysine on intake, nutrient digestibility, growth performance, antibody titers of Newcastle disease and infectious bronchitis disease, and carcass characteristics of broilers. *Animals*, 15(2), 135. doi.org/10.3390/ani15020135
- Liu, R., Tan, X., Zhao, G., Chen, Y., Zhao, D., Li, W., Zheng, M., Wen, J. (2020). Maternal dietary methionine supplementation influences egg production and growth performance and meat quality of the offspring. *Poultry Science*, 99(7), 3550-3556. doi: 10.1016/j.psj.2020.03.043
- Liu, R., Zhang, W. (2020). Detection techniques of meat tenderness: state of the art. In A.K. Biswas, P.K. Mandal (Eds.), *Meat Quality Analysis: Advanced Evaluation Methods, Techniques and Technologies* (pp. 53-65). Academic Press.
- Livingston, M.L., Ferket, P.R., Brake, J., Livingston, K.A. (2019). Dietary amino acids under hypoxic conditions exacerbates muscle myopathies including wooden breast and white striping. *Poultry Science*, 98(3), 1517-1527. doi.org/10.3382/ps/pey463
- Lorenzi, M., Mudalal, S., Cavani, C., Petracci, M. (2014). Incidence of white striping under commercial conditions in medium and heavy broiler chickens in Italy. *Journal of Applied Poultry Research*, 23(4), 754-758. doi.org/10.3382/japr.2014-00968
- Lu, P., Morawong, T., Molee, A., Molee, W. (2022a). L-arginine alters myogenic genes expression but does not affect breast muscle characteristics by *in ovo* feeding technique in slow-growing chickens. *Frontier Veterinary Science*, 9:1030873. doi: 10.3389/fvets.2022.1030873
- Lu, P., Morawong, T., Molee, A., Molee, W. (2022b). Influences of L-arginine *in ovo* feeding on the hatchability, growth performance, antioxidant capacity, and meat quality of slow-growing chickens. *Animals (Basel)*, 12(3), 392. DOI: 10.3390/ani12030392
- Malila Y, Chupraj JU, Srimarut Y, Chaiwiwattarkul P, Uengwetwanit T, Arayamethakorn S, Punyapornwithaya V, Sansamur C, Kirschke CP, Huang L, Tepasamordech S, Petracci M, Rungrassamee W, Visessanguan W. (2018). Monitoring of white striping and

wooden breast cases and impacts on quality of breast meat collected from commercial broilers (*Gallus gallus*). *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 31(11), 1807-1817.

Macrae, V.E., Mahon, M., Gilpin, S., Sandercock, D.A., Mitchell, M.A. (2006). Skeletal muscle fiber growth and growth associated myopathy in the domestic chicken (*Gallus domesticus*). *British Poultry Science*, 47(3), 264-272. doi: 10.1080/00071660600753615

Mahon, M. (1999). Muscle abnormalities: morphological aspect. In R.I. Richardson, G.C. Mead (Eds.), *Poultry Meat Science* (pp. 19-64), Oxon: CABI Publishing.

McKee, L. (2012). Microbiological and sensory properties of fresh and frozen poultry. In L.M.L. Nollet (Ed), *Handbook of Meat, Poultry and Seafood Quality* (2<sup>nd</sup> ed., pp. 373-389). Wiley-Blackwell.

Meloche, K., Fancher, B., Emmerson, D., Bilgili, S., Dozier W.A., (2018a). Effects of reduced digestible lysine density on myopathies of the Pectoralis major muscles in broiler chickens at 48 and 62 days of age. *Poultry Science*, 97(9), 3311-3324. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pey171>

Meloche, K., Fancher, B., Emmerson, D., Bilgili, S., Dozier W.A., (2018b). Effects of quantitative nutrient allocation on myopathies of the Pectoralis major muscles in broiler chickens at 32, 43, and 50 days of age. *Poultry Science*, 97 (5), 1786–1793. doi: 10.3382/ps/pex453

Meyer, M.M., Bobeck, E.A. (2023), Dietary inositol-stabilized arginine silicate numerically reduced woody breast severity in male Ross 708 broilers without altering growth. *Poultry Science*, 102(5): 102589. doi: 10.1016/j.psj.2023.102589

Morris Jr, S.M. (2009). Recent advances in arginine metabolism: roles and regulation of the arginases. *British Journal of Pharmacology*, 157(6), 922-930. doi: 10.1111/j.1476-5381.2009.00278.x

Mudalal, S., Babini, E., Cavani, C., Petracci, M. (2014). Quantity and functionality of protein fractions chicken breast fillets affected by white striping. *Poultry Science*, 93(8), 2108-2116. doi.org/10.3382/ps.2014-03911

Mudalal, S., Lorenzi, M., Soglia, F., Cavani, C., Petracci, M. (2015). Implications of white striping and wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat. *Animal*, 9(4), 728-734. doi.org/10.1017/S175173111400295X

- Mutryn, M.F., Brannick, E.M., Fu, W., Lee, W.R., Abasht, B. (2015). Characterization of a novel chicken muscle disorder through differential gene expression and pathway analysis using RNA sequencing. *BMC Genomics*, 16, 399-418. doi.org/10.1186/s12864-015-1623-0
- Nayak, N., Rajini, R.A., Sahu, A.R., Kirubaharan, J.J., Ezhilvalavan, S. (2022). Evaluation of arginine and tryptophan *in ovo* feeding on production performances, glycogen status, intestinal health and immunity related gene expression in fast growing broilers. *Research Square*, DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1169976/v1>
- Nouri Sanami, M., Ghaedi, B., Salary, J., Hemati, H.R. (2014). *In ovo* injection of L-arginine on performance and bone mineralization in broiler chicken. *Research Opinions in Animal and Veterinary Sciences*, 4(7), 394-397.
- NRC: National Research Council (1994). *Nutrient Requirements of Poultry*, 9th ed. Washington, DC: The National Academies Press.
- OECD/FAO (2023), *OECD-FAO Agricultural outlook 2023-2032*, OECD Publishing, Paris, France, <https://doi.org/10.1787/08801ab7-en>.
- Offer, G., Cousins, T. (1992). The mechanism of drip production-formation of 2 compartments of extracellular-space in muscle postmortem. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 58(1), 107-116. doi.org/10.1002/jsfa.2740580118
- Ohta, Y., Kidd, M.T., Ishibashi, T. (2001). Embryo growth and amino acid concentration profiles of broiler breeder eggs, embryos, and chicks after *in ovo* administration of amino acid. *Poultry Science*, 80(10), 1430-1436. doi.org/10.1093/ps/80.10.1430
- Omidi, S., Ebrahimi, M., Janmohammadi, H., Moghaddam, G., Rajabi, Z., Hosseitar-Ghasemabad, B. (2020), The impact of *in ovo* injection of L-arginine on hatchability, immune system and caecum microflora of broiler chickens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 104(1), 178-185. doi.org/10.1111/jpn.13222
- Pekel, A.Y., Tatlı, O., Sevim, Ö., Kuter, E., Ahsan, U., Karimiyan Khamseh, E., Atmaca, G., Köksal, B.H., Özsoy, B., Cengiz, Ö. (2020). Effects of reducing dietary amino acid density and stocking density on growth performance, carcass characteristics, meat quality, and occurrence of white striping in broiler chickens. *Poultry Science*, 99 (12), 7178-7191. doi.org/10.1016/j.psj.2020.08.077

- Pereira, C., Ferreira, N.R., Rocha, B.S., Barbosa, R.M., Laranjinha, J. (2013). The redox interplay between nitrite and nitric oxide: From the gut to the brain. *Redox biology*, 1(1), 276–284. doi.org/10.1016/j.redox.2013.04.004
- Pérez-Alvarez, J.A., Fernandez-Lopez, J. (2012). Chemical and biochemical aspects of color in muscle food. In L.M.L. Nollet (Ed), *Handbook of Meat, Poultry and Seafood Quality* (2<sup>nd</sup> ed., pp. 3-24). Wiley-Blackwell.
- Petracci, M., Betti, M., Bianchi, M., Cavani, C. (2004). Color variation and characterization of broiler breast meat during processing in Italy. *Poultry Science*, 83(12), 2086-2092. doi.org/10.1093/ps/83.12.2086
- Petracci, M., Cavani, C. (2012). Muscle growth and poultry meat quality issues. *Nutrients*, 4(1), 1-12. doi: 10.3390/nu4010001
- Petracci, M., Mudalal, S., Bonfiglio, A., Cavani, C. (2013). Occurrence of white striping under commercial conditions and its impact on breast meat quality in broiler chickens. *Poultry Science*, 92(6), 1670-1675. doi.org/10.3382/ps.2012-03001
- Petracci, M., Mudalal, S., Babini, E., Cavani, C. (2014) Effect of white striping on chemical composition and nutritional value of broiler breast meat. *Italian Journal of Animal Science*, 13(1), 179-183. doi.org/10.4081/ijas.2014.3138
- Petracci, M., Mudalal, S., Soglia, F., Cavani, C. (2015). Meat quality in fast-growing broiler chickens. *World's Poultry Science Journal*, 71(2), 363-374. doi.org/10.1017/S0043933915000367
- Petracci, M., Soglia, F., Berri, C. (2017). Muscle metabolism and meat quality abnormalities. In M. Petracci, C. Berri (Eds), *Poultry Quality Evaluation* (1<sup>st</sup> ed., pp. 51-76). Duxford: Woodhead Publishing.
- Petracci, M., Soglia, F., Madruga, M., Carvalho, L., Ida, E., Estévez, M. (2019). Wooden-breast, white striping, and spaghetti meat: causes, consequences and consumer perception of emerging broiler meat abnormalities. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(2), 565-583. doi.org/10.1111/1541-4337.12431
- Picard, B., Berri, C., Lefaucheur, L., Molette, C., Sayd, T., Terlouw, C. (2010). Skeletal muscle proteomics in livestock production. *Briefings in Functional Genomics*, 9(3), 259-278. doi: 10.1093/bfgp/elq005

- Pien, N., Krzyslak, H., Kallaje, S., Van Meerssche, J., Mantovani, D., De Schauwer, C., Dubruel, P., Van Vlierberghe, S., Pennisi, C. (2023). Tissue engineering of skeletal muscle, tendons and nerves: A review of manufacturing strategies to meet structural and functional requirements. *Applied Materials Today*, 31, 101737. <https://doi.org/10.1016/j.apmt.2023.101737>
- Qiao, M., Fletcher, D.L., Smith, D.P., Northcutt, J.K. (2001). The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity, and emulsification capacity. *Poultry Science*, 80(5), 676-680. [doi.org/10.1093/ps/80.5.676](https://doi.org/10.1093/ps/80.5.676)
- Rask, K.J., Rask, N. (2011). Economic development and food production-consumption balance: A growing global challenge. *Food Policy*, 36(2011), 186-196. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2010.11.015>
- Rebezov, M., Khayrullin, M., Assenova, B. (2024). Improving meat quality and safety: innovative strategies. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 18:523-546. [doi:10.5219/1972](https://doi.org/10.5219/1972)
- Russo, E., Drigo, M., Longoni, C., Pezzotti, R., Fasoli, P., Recordati, C. (2015). Evaluation of white striping prevalence and predisposing factors in broilers at slaughter. *Poultry Science*, 94(8), 1843-1848. [doi: 10.3382/ps/pev172](https://doi.org/10.3382/ps/pev172)
- Sachs, N.J. Hampton, A.R. Foster, K.K. Pechanec, M.Y. Henderson, J.D. King, A.J. Mienaltowski, M.J. (2019). The effects of an alternative diet regimen with natural methionine ingredients on white striping breast myopathy in broiler chickens. *Poultry Science*, 98(1), 413–421. [doi.org/10.3382/ps/pey327](https://doi.org/10.3382/ps/pey327)
- Sanchez Brambila, G., Bowker, B.C., Zhuang, H. (2016). Comparison of sensory texture attributes of broiler breast fillets with different degrees of white striping. *Poultry Science*, 95(10), 2472-2476. [doi.org/10.3382/ps/pew165](https://doi.org/10.3382/ps/pew165)
- Sandercock, D.A., Mitchell, M.A. (2003). Myopathy in broiler chickens: A role for Ca(2<sup>+</sup>)-activated phospholipase A2? *Poultry Science*, 82(8), 1307-1312. [doi: 10.1093/ps/82.8.1307](https://doi.org/10.1093/ps/82.8.1307)
- SAS Institute Inc, (2017). *Using JMP® 13*. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Schmidt, C.J., Persia, M.E., Feierstein, E., Kingham, B., Salory, W.W. (2009). Comparison of a modern broiler line and heritage line unselected since the 1950s. *Poultry Science*, 88(12), 2610-2619. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00055>

- Sihvo, H.K., Immonen, K., Puolanne, E. (2014). Myodegeneration with fibrosis and regeneration in pectoralis major muscle of broilers. *Veterinary Pathology*, 51(3), 619-623. doi: 10.1177/0300985813497488
- Sharma, J.M., Burmester, B.R. (1982). Resistance of Marek's disease at hatching in chickens vaccinated as embryos with the turkey herpesvirus. *Avian Diseases*, 26(1), 134-149. doi.org/10.2307/1590032
- Smith, S.B. (2020). Muscle biology and meat quality-challenges, innovations, and sustainability. In F.W. Bazer, G.C. Lamb, G. Wu (Eds.), *Animal Agriculture: Sustainability, Challenges and Innovations* (pp. 381-391). Academic Press.
- Soglia, M., Petracci, M., Davoli, R., Zappaterra, M. (2021). A critical review of the mechanisms involved in the occurrence of the growth-related abnormalities affecting broiler chicken breast muscles. *Poultry Science*, 100(6):101180. doi: 10.1016/j.psj.2021.101180
- Sosnicki, A.A., Cassens, R.G., Vimini, R.J., Graeser, M.L. (1991). Histopathological and ultra-structural alterations of turkey skeletal muscle. *Poultry Science*, 70(2), 349-357. doi: 10.3382/ps.0700349
- Sosnicki, A.A., Wilson, B.W. (1991). Pathology of turkey skeletal muscle: implication for the poultry industry. *Food Structure*, 10(4), 370-326. <https://digitalcommons.usu.edu/foodmicrostructure/vol10/iss4/5>
- Subramaniyan, S.A., Kang, D.R., Park, J.R., Siddiqui, S.H., Ravichandiran, P., Yoo, D.J., Na, C.S., Shim, K.S. (2019). Effect of In Ovo Injection of L-Arginine in Different Chicken Embryonic Development Stages on Post-Hatchability, Immune Response, and Myo-D and Myogenin Proteins. *Animals*, 9(6), 357. doi.org/10.3390/ani9060357
- Tasoniero, G., Cullere, M., Cecchinato, M., Puolanne, E., Dalle Zotte, A. (2016). Technological quality, mineral profile, and sensory attributes of broiler chicken breasts affected by white striping and wooden breast myopathies. *Poultry Science*, 95(11), 2707-2714. doi.org/10.3382/ps/pew215
- Tavaniello, S., Slawinska, A., Prioriello, D., Petrecca, V., Bertocchi, M., Zampiga, M., Salvatori, G., Maiorano, G. (2019). Effect of galactooligosaccharides delivered *in ovo* on meat quality traits of broiler chickens exposed to heat stress. *Poultry Science*, 99(1), 612-619. doi: 10.3382/ps/pez556

- Tijare, V.V., Yang, F.L., Kuttappan, V.A., Alvarado, C.Z., Coon, C.N., Owens, C.M. (2016). Meat quality of broiler breast fillets with white striping and woody breast muscle myopathies. *Poultry Science*, 95(9), 2167-2173. doi.org/10.3382/ps/pew129
- Trocino, A., Piccirillo, A., Birolo, M., Radaelli, G., Bertotto, D., Filiou, E., Petracci, M., Xicatto, G. (2015). Effect of genotype, gender and feed restriction on growth, meat quality and the occurrence of white striping and wooden breast in broiler chickens. *Poultry Science*, 94(12), 2996-3004. doi: 10.3382/ps/pev296
- Trocino, A., Xicatto, G., Petracci, M., Cabrol, M.B. (2023). Nutritional and feeding strategies for controlling breast muscle myopathy occurrence in broiler chickens: a survey of the published literature. *Meat Technology*, 64(2), 30-35. doi.org/10.18485/meattech.2023.64.2.5
- Velleman, S.G., Anderson, J.W., Coy, C.S., Nestor, K.E. (2003). Effect of selection for growth rate on muscle damage during turkey breast muscle development. *Poultry Science*, 82(7), 1069-1074. doi: 10.1093/ps/82.7.1069
- Velleman, S.G. (2007). Muscle development in the embryo and hatchling. *Poultry Science*, 86(5), 1050-1054. doi.org/10.1093/ps/86.5.1050
- Velleman, S.G., Clark, D.L. (2015). Histopathological and myogenic gene expression changes associated with wooden breast in broiler breast muscle. *Avian Diseases*, 59(3), 410-418. doi: 10.1637/11097-042015-Reg.1
- Velleman, S.G. (2015). Relationship of skeletal muscle development and growth to breast muscle myopathies: A review. *Avian Diseases*, 59(4), 525-531. doi: 10.1637/11223-063015-Review.1
- Vignale, K., Caldas, J.V., England, J.A., Boonsinchai, N., Magnuson, A., Pollock, E.D., Dridi, S., Owens, C.M., Coon, C.N. (2017). Effect of white striping myopathy on breast muscle (*pectoralis major*) protein turnover and gene expression in broilers. *Poultry Science*, 96(4), 886-893. doi.org/10.3382/ps/pew315
- Wang, C., Xie, M., Huang, W., Xie, J.J., Tang, J., Hou, S.S. (2013). Arginine requirements of White Pekin ducks from 1 to 21 days of age. *Poultry Science*, 92(4):1007-10. doi: 10.3382/ps.2012-02596
- Wang, Y.W., Ning, D., Peng, Y.Z., Guo, Y.M. (2013). Effects of dietary L-carnitine supplementation on growth performance, organ weight, biochemical parameters and

- ascites susceptibility in broilers reared under low-temperature environment. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 26(2), 233-240. doi: 10.5713/ajas.2012.12407
- Wang, J., Clark, D.L., Jacobi, S.K., Velleman, S.G. (2020). Effect of vitamin E and omega-3 fatty acids early posthatch supplementation on reducing the severity of wooden breast myopathy in broilers. *Poultry Science*, 99(4), 2108-2119. doi.org/10.1016/j.psj.2019.12.033
- Wei, X.J., Ni, Y.D., Lu, L.Z., Grossmann, R., Zhao, R.Q. (2011). The effect of equol injection *in ovo* on post hatch growth, meat quality and antioxidation in broilers. *Animal*, 5(2), 320-327. https://doi.org/10.1017/S1751731110001771
- Westerblad, H., Bruton, J.D., Katz, A. (2010). Skeletal muscle: energy metabolism, fiber type, fatigue and adaptability. *Experimental Cell Research*, 316(18), 3093-3099. doi: 10.1016/j.yexcr.2010.05.019
- Willemsen, H., Debonne, M., Swennen, Q., Everaert, N., Careghi, C., Han, H., Bruggeman, V., Tona, K., Decuyper, E. (2010). Delay in feed access and spread of hatch: importance of early nutrition. *World's Poultry Science Journal*, 66(2), 177–188. doi:10.1017/S0043933910000243
- Wu G., Bazer, F.W., Davis, T.A., Kim, S.W., Li, P., Rhods, J.M., Satterfield, C.M., Smith, S.B., Spencer, T.E., Yin, Y. (2009). Arginine metabolism and nutrition in growth, health and disease. *Amino Acids*, 37(1), 153-168. doi.org/10.1007/s00726-008-0210-y
- Xu, Y.Q., Guo, Y.W., Shi, B.L., Yan, S.M., Guo, X.Y. (2018). Dietary arginine supplementation enhances the growth performance and immune status of broiler chickens. *Livestock Science* 2018, 209, 8-13. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.01.001
- Yalçın, Z.S., Şahin, K., Tuzcu, M., Bilgen, G., Özkan, S., Izzetoğlu, G.T., Işık, R. (2019). Muscle structure and gene expression in *pectoralis major* muscle in response to deep pectoral myopathy induction in fast- and slow-growing commercial broilers. *British Poultry Science*, 60(3), 195-201. https://doi.org/10.1080/00071668.2018.1430351
- You, J.S., Anderson, G.B., Dooley, M.S., Hornberger, T.A. (2015). The role of mTOR signaling in the regulation of protein synthesis and muscle mass during immobilization in mice. *Disease models & mechanisms*, 8(9), 1059–1069. doi.org/10.1242/dm.019414

- Yu, L.L., Gao, T., Zhao, M.M., Lv, P.A., Zhang, L., Li, J.L., Jiang, Y., Gao, F., Zhou, G.H. (2018). Effect of *in ovo* feeding of L-arginine on breast muscle growth and protein deposition in post-hatch broilers. *Animal*, 12(11), 2256-2263. doi.org/10.1017/S1751731118000241
- Zampiga, M., Laghi, L., Petracci, M., Zhu, C., Meluzzi, A., Dridi, S., Sirri, F. (2018). Effect of dietary arginine to lysine ratios on productive performance, meat quality, plasma and muscle metabolomics profile in fast-growing broiler chickens. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 9: 79, doi.org/10.1186/s40104-018-0294-5
- Zampiga, M., Soglia, F., Petracci, M., Meluzzi, A., Sirri, F. (2019). Effect of different arginine-to-lysine ratios in broiler chicken diets on the occurrence of breast myopathies and meat quality attributes. *Poultry Science*, 98(6), 2691-2697. doi: 10.3382/ps/pey608
- Zampiga, M., Soglia, F., Baldi, G., Petracci, M., Strasburg, G.M., Sirri, F. (2020). Muscle abnormalities and meat quality consequences in modern turkey hybrids. *Frontiers in Physiology*, 11:554. doi: 10.3389/fphys.2020.00554
- Zhang, X., Smith, S.W., Zaldivar, L.R., Lesak, D.J., Schilling, M.W. (2023). Study of emerging chicken meat quality defect using OMICs: what do we know? *Journal of Proteomics*, 276:104837. https://doi.org/10.1016/j.jprot.2023.104837
- Zhao, J.P., Zhao, G.P., Jiang, R.R., Zheng, M.Q., Chen, J.L., Liu, R.R., Wen, J. (2012). Effects of diet-induced differences in growth rate on metabolic, histological, and meat-quality properties of 2 muscles in male chickens of distinct broiler breeds. *Poultry Science*, 91(1), 237-247. doi.org/10.3382/ps.2011-01667
- Zuidhof, M.J., Schneider, B.L., Carney, V.L., Korver, D.R., Robinson, F.E. (2014). Growth, efficiency and yield of commercial broilers from 1957, 1978, and 2005. *Poultry Science*, 93(12), 2970-2982. https://doi.org/10.3382/ps.2014-04291

## **EKLER**

**Ek 1 (ADÜ-HADYEK)**

**T.C.**  
**AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ**  
**SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİLİMSEL ETİK BEYANI**

“L-Arjinin’in *In Ovo* Enjeksiyonu ve Rasyona İlavesinin Etlik Piliçlerde Büyüme Performansı, Göğüs Eti Kalitesi ve Bağışıklık Sistemi Üzerine Etkileri” başlıklı Doktora tezindeki bütün bilgileri etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiz atıf yaptığımı bildiririm. İfade ettiklerimin aksi ortaya çıktığında ise her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Ehsan KARIMIYAN KHAMSEH

07 / 02 / 2025