



**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**FARKLI ARPA FORMLARININ ANTİNUTRİSYONEL ÖZELLİKLERİ VE
AMERİKAN BRONZ HİNDİLERİNDE PERFORMANS PARAMETRELERİ
ÜZERİNE ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI OLARAK İNCELENMESİ**

ÖZLEM DURĞUN

ZOOTEKNİ

**Şanlıurfa
2026**



**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**FARKLI ARPA FORMLARININ ANTİNUTRİSYONEL ÖZELLİKLERİ VE
AMERİKAN BRONZ HİNDİLERİNDE PERFORMANS PARAMETRELERİ
ÜZERİNE ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI OLARAK İNCELENMESİ**

ÖZLEM DURĞUN

ZOOTEKNİ

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. SABRİ YURTSEVEN
Tez 2./Eş Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi CAVİDAN GÜL VARİŞ**

**Şanlıurfa
2026**

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın planlanması ve yürütülmesi sürecinde, doktora eğitimimin başlangıcından itibaren bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren, bilimsel bakış açımın gelişmesine önemli katkılar sağlayan ve desteğini her zaman hissettiren çok kıymetli danışmanım Prof. Dr. Sabri YURTSEVEN'e en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Tezime değerli katkı ve yapıcı önerileriyle destek veren eş danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Cavidan Gül VARİŞ'a teşekkür ederim. Ayrıca, çalışmanın her aşamasında bilgi, deneyim ve emeğini benimle paylaşan ve yönlendirmeleriyle çalışmanın şekillenmesinde önemli katkılar sağlayan Dr. Öğr. Üyesi Hamza YALÇIN hocama içtenlikle teşekkür ederim.

Çalışmanın yürütülmesi sırasında özellikle saha aşamasında bilgi ve deneyimleriyle katkı sağlayan Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ÇETİN hocama; saha çalışmaları sürecinde verdikleri desteklerden dolayı Öğr. Gör. Dr. Veysel GÖKMEN'e ve tez sürecinde bilgi ve desteğini esirgemeyen Dr. Mehmet SARAÇOĞLU'na teşekkür ederim.

Çalışmanın gerçekleştirildiği proje kapsamında katkı ve destekleriyle sürece değer katan tüm değerli proje ekibi üyeleri ve hocalarıma teşekkür ederim. Tezin değerlendirilmesi sürecinde değerli görüş ve katkılarıyla çalışmaya katkı sağlayan tez jürisi üyelerine teşekkür eder, yapıcı eleştirilerinin çalışmanın bilimsel niteliğini artırdığını özellikle belirtmek isterim.

Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından desteklenen 223O033 numaralı projeden üretilmiş olup, sağlanan maddi ve bilimsel destekten dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Akademik yolculuğum boyunca sabırları, sevgileri ve koşulsuz destekleriyle her zaman yanımda olan aileme en içten teşekkürlerimi sunarım. Özellikle emeği, fedakârlığı ve bana her zaman duydukları güvenle bugünlere gelmemde en büyük paya sahip olan kıymetli annem Pakize DURĞUN'a ve babam İbrahim DURĞUN'a minnettarım. Ayrıca, anlayış ve destekleriyle bu süreci daha anlamlı kılan kardeşlerime ve bu uzun yolculuk boyunca moral ve motivasyon kaynağım olan tüm sevdiklerime teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	iv
SİMGELER	v
KISALTMALAR	vi
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	7
2.1. Kanatlı Beslemede Mera Otlarının Performans Parametreleri Üzerine Etkileri	7
2.2. Filizlendirme ve Hidroponik Üretim Yöntemleriyle Elde Edilen Tahılların Kanatlı Performansı Üzerine Etkileri	12
2.3. Kanatlı Rasyonlarında Arpa Kullanımının Performans Üzerindeki Etkileri	18
3. GEREÇ VE YÖNTEM	24
3.1. Gereç	24
3.1.1. Hayvan Materyali	24
3.1.2. Yem Materyali	24
3.2. Yöntem	26
3.2.1. Deneme Planı, Hayvanların Bakım ve Beslenmesi	26
3.2.2. Deneme Gruplarında Kullanılan Arpa Formlarının Hazırlanması	30
3.2.2.1. Arpa Merası Oluşturma ve Otlatma Yönetimi	30
3.2.2.1.1. Merada Tüketilen Ot Miktarının Hesaplanması	33
3.2.2.2. Hidroponik Arpa Yemi Üretimi	34
3.2.2.2.1. Ön Deneme	34
3.2.2.2.2. Çimlendirme Süreci	35
3.2.2.3. Islatılmış Dane Arpa'nın Hazırlanması	37
3.2.3. Deneme Gruplarında Yaş Dönemlerine Göre Uygulanan Rasyonlar	37
3.2.4. Canlı Ağırlık, Canlı Ağırlık Kazancı, Yem Tüketimi ve Yemden Yararlanma Oranı	38
3.2.5. Kesim ve Karkas Özelliklerinin Belirlenmesi	39
3.2.6. Kimyasal Analizler	40
3.2.6.1. Yem Ham Maddelerinde Besin Madde Analizleri	40
3.2.6.2. β -glukan Analizi	41
3.2.6.2.1. Enzimlerin hazırlanışı	41
3.2.6.2.1.1. Likenaz ve Enzimi Hazırlanışı	41
3.2.6.2.1.2. β -Glucosidaz Enzimi Hazırlanışı	41
3.2.6.3. Fitik Asit Analizi	43
3.2.6.3.1. Fitik Asit Standartlarının Hazırlanması	45
3.2.6.3.2. Seyreltme Yolu ile Standartların Hazırlanması (100 mL için)	45
3.2.6.4. Fosfor ve Kalsiyum Analizi	46
3.2.7. İstatistiksel Analizler	47
4. BULGULAR	49
4.1. Performans Bulguları	49
4.1.1. Canlı Ağırlık	49
4.1.2. Canlı Ağırlık Kazancı	50
4.1.3. Günlük Yem Tüketimi	51
4.1.4. Yemden Yararlanma Oranı	52
4.1.5. Kesim Karkas ve İç Organ Ölçümleri	53
4.2. Arpa Formlarının Antinutrisyonel Faktörleri	56
4.2.1. β -glukan ve Fitik Asit İçerikleri	56
4.3. Dışkı Fosfor (P) ve Kalsiyum (Ca) Düzeyleri	57
5. TARTIŞMA	58
5.1. Performans Değerlendirmesi	58
5.1.1. Canlı Ağırlık ve Canlı Ağırlık Kazancı	58

5.1.2. Günlük Yem Tüketimi	60
5.1.3. Yemden Yararlanma Oranı	63
5.1.4. Kesim Karkas ve İç Organ Değerlendirmesi	65
5.2. Arpa Formlarına Bağlı Antinutrisyonel Faktörlerdeki Değişimlerin (β -glukan ve Fitik asit) Değerlendirilmesi	67
5.3. Dışkı Fosfor ve Kalsiyum Atılımının Değerlendirilmesi	69
6. SONUÇLAR	71
7. ÖNERİLER	72
KAYNAKLAR	74
ÖZGEÇMİŞ	87

ÖZET

DOKTORA TEZİ

FARKLI ARPA FORMLARININ ANTİNUTRİSYONEL ÖZELLİKLERİ VE AMERİKAN BRONZ HİNDİLERİNDE PERFORMANS PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI OLARAK İNCELENMESİ

ÖZLEM DURĞUN

HARRAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ZOOTEKNİ

Tez Danışman: Prof. Dr. SABRİ YURTSEVEN
Tez 2./Eş Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi CAVİDAN GÜL VARİŞ
Yıl: 2026, Sayfa : 86

Bu çalışma, arpa merası, hidroponik arpa ve ıslatılmış dane arpa olmak üzere farklı arpa formlarının Amerikan Bronz hindilerinde büyüme performansı, yemden yararlanma oranı, karkas özellikleri ve arpadaki antinutrisyonel faktörler üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla yürütülmüştür. Araştırmada, iki haftalık yaşta toplam 180 adet Amerikan Bronz hindi palazı kullanılmıştır. Hayvanlar, her biri üç tekerrürlü ve her tekerrürde 20 hayvan olacak şekilde üç besleme grubuna ayrılmış ve 2–22 haftalık yaşlar arasında toplam 20 hafta süreyle yetiştirilmiştir. Deneme süresince haftalık canlı ağırlık, canlı ağırlık artışı, yem tüketimi ve yemden yararlanma oranı kaydedilmiş; kesim sonrası karkas ve iç organ ağırlıkları belirlenmiştir. Ayrıca arpa formlarındaki β -glukan ve fitik asit içerikleri ile dışkıda kalsiyum ve fosfor atılımı analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, denemenin ortasında (13. hafta) besleme grupları arasında canlı ağırlık bakımından anlamlı farklılıklar belirlenmiş ($p < 0.05$), deneme sonunda (22. hafta) ise gruplar arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0.05$). Tüm dönemlerde erkek hindiler dişilere kıyasla daha yüksek canlı ağırlık ve canlı ağırlık artışı göstermiştir ($p < 0.01$). Başlangıç döneminde en yüksek canlı ağırlık artışı hidroponik ve ıslatılmış dane arpa gruplarında, en düşük değer ise arpa merası grubunda kaydedilmiştir ($p < 0.05$). Büyütme ve bitirme dönemlerinde erkeklerde performans farklılıkları önemsiz bulunurken ($p > 0.05$), arpa merası ile beslenen dişilerde düşük performansın sürdüğü belirlenmiştir ($p < 0.05$). Yem tüketimi tüm dönemlerde en yüksek hidroponik arpa grubunda gözlenmiştir ($p < 0.05$). Yemden yararlanma oranı başlangıçta ıslatılmış dane arpa grubunda, ilerleyen dönemlerde ise erkeklerde arpa merası grubunda daha iyi bulunmuştur ($p < 0.05$). Karkas ve iç organ ağırlıkları bakımından besleme grupları arasında anlamlı bir fark saptanmazken ($p > 0.05$), cinsiyet faktörünün istatistiksel olarak anlamlı olduğu ve hidroponik arpa grubunda dişi hindilerde abdominal yağ birikiminin daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). β -glukan ve fitik asit içerikleri, kuru ve ıslatılmış formlara kıyasla arpa merası ve hidroponik arpa formlarında anlamlı düzeyde daha düşük bulunmuştur ($p < 0.05$). Ayrıca dışkıda en düşük fosfor konsantrasyonu hidroponik arpa grubunda tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Sonuç olarak, çimlendirilmiş arpa formlarının antinutrisyonel faktörleri azaltarak performansı desteklediği; ancak yüksek nem ve düşük kuru madde içerikleri nedeniyle hidroponik ve mera temelli yemlerin tek başına temel enerji kaynağı olarak kullanımının sınırlı olduğu, bazal rasyonlarla birlikte tamamlayıcı yem bileşeni olarak değerlendirilmesinin daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: β -glukan, Fitik asit, Hidroponik sistem, Arpa, Performans

ABSTRACT

DOCTORATE THESIS

A COMPARATIVE STUDY ON THE EFFECTS OF DIFFERENT BARLEY FORMS ON ANTINUTRITIONAL FACTORS AND PERFORMANCE PARAMETERS IN AMERICAN BRONZE TURKEYS (MELEAGRIS GALLOPAVO)

ÖZLEM DURĞUN

**HARRAN UNIVERSITY
INSTITUTE OF GRADUATE EDUCATION
ANIMAL HUSBANDRY**

**Thesis Supervisor: Prof. Dr. SABRİ YURTSEVEN
Thesis 2nd. Supervisor: Assist Prof. Dr. CAVİDAN GÜL VARİŞ
Year: 2026, Page : 86**

This study was conducted to evaluate the effects of different barley forms—barley pasture, hydroponic barley, and soaked barley grain—on growth performance, feed efficiency, carcass characteristics, and antinutritional components of barley in American Bronze turkeys. A total of 180 two-week-old American Bronze turkey poults were used in the study. The birds were allocated to three dietary treatment groups, each consisting of three replicates with 20 birds per replicate, and were reared for a total period of 20 weeks between 2 and 22 weeks of age. Weekly live weight, body weight gain, feed intake, and feed conversion ratio were recorded, and carcass and internal organ weights were determined after slaughter. In addition, β -glucan and phytic acid contents of the barley forms were analyzed, and calcium and phosphorus excretion in the feces was evaluated. According to the results, significant differences in live weight among dietary groups were observed at the mid-point of the trial (week 13) ($p < 0.05$), whereas no significant differences were detected at the end of the experiment (week 22) ($p > 0.05$). Throughout all experimental periods, male turkeys exhibited higher live weight and body weight gain than females ($p < 0.01$). During the starter period, the highest body weight gain was recorded in the hydroponic and soaked barley groups, while the lowest value was observed in the barley pasture group ($p < 0.05$). During the grower and finisher periods, performance differences among males were not significant ($p > 0.05$); however, reduced performance persisted in females fed barley pasture ($p < 0.05$). Feed intake was consistently highest in the hydroponic barley group throughout the experiment ($p < 0.05$). Feed conversion ratio was superior in the soaked barley group during the starter period and in males fed barley pasture during the later periods ($p < 0.05$). No significant differences were observed among dietary groups in terms of carcass and internal organ weights ($p > 0.05$); however, sex had a significant effect on these parameters, and higher abdominal fat deposition was detected in female turkeys fed hydroponic barley ($p < 0.05$). β -glucan and phytic acid contents were significantly lower in barley pasture and hydroponic barley compared with dry and soaked forms ($p < 0.05$). In addition, the lowest fecal phosphorus concentration was observed in the hydroponic barley group ($p < 0.05$). In conclusion, sprouted barley forms supported performance by reducing antinutritional factors; however, due to their high moisture content and low dry matter concentration, hydroponic and pasture-based feeds should not be used as sole energy sources, but rather as complementary feed ingredients in combination with basal rations.

KEYWORDS: β -glucan, Phytic acid, Hydroponic system, Barley, Performance

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	Deneyisel tasarımın ve uygulama sürecinin grafik özeti	26
Şekil 3.2.	Deneme süresince kullanılan kafeslerden bir görünüm	27
Şekil 3.3.	Üç haftalık erkek hindi palazında morfolojik cinsiyet göstergeleri	28
Şekil 3.4.	Entansif yetiştirme sisteminde palaz (sol) ve yetişkin (sağ) hindilerin genel görünümü	28
Şekil 3.5.	Baş bölgesinde gagalama davranışı gözlenen hindiye ait görünüm	29
Şekil 3.6.	Deneme alanında mera tesisine yönelik toprak hazırlığı	31
Şekil 3.7.	Merada otlatılan hindilerin genel görünümü	32
Şekil 3.8.	Günlük ot tüketimini belirlemede kullanılan ölçüm kasası	33
Şekil 3.9.	Hidroponik arpa üretiminde 3. 5. ve 8. gün görüntüleri	34
Şekil 3.10.	Hidroponik ortamda arpa yetiştirme çalışmaları	35
Şekil 3.11.	Ağ örtülerle korunan hidroponik arpa üretimi	36
Şekil 3.12.	Hidroponik olarak yetiştirilen otla beslenen hindilerin genel görünümü	38
Şekil 3.13.	Hindi karkaslarında kesim sonrası uygulamalara ait görüntüler	39
Şekil 3.14.	β -glukan analizine ait laboratuvar uygulamalarına ait görüntüler	43
Şekil 3.15.	β -glukan analizinde kullanılan ölçüm kuvvetleri ve spektrofotometrik ölçüm cihazı	43
Şekil 3.16.	Fitik asit analizine ait laboratuvar aşamalarından görüntüler	46
Şekil 4.1.	Deneme gruplarında hindilerde haftalara göre canlı ağırlıkların oransal değişimi (%)	54
Şekil 4.2.	Cinsiyete bağlı olarak hindilerde kesim ağırlığı, karkas verimi ve iç organ parametrelerinin sadece cinsiyete göre karşılaştırmalı dağılımı	55
Şekil 4.3.	Abdominal yağ değerlerine ait grup×cinsiyet birlikte etkisini gösterir. Standart hata çubukları sütunlarda verilmiştir. D: Dişi, E: Erkek	55
Şekil 4.4.	Farklı muamele görmüş arpa formlarında β -glukan (g/100 g kuru madde) (A) ve fitik asit (mg/g kuru madde) (B) düzeyleri	56
Şekil 4.5.	Farklı arpa formları ile desteklenerek beslenen hindilerin dışkılarında belirlenen fosfor (A) ve kalsiyum (B) düzeyleri (mg/kg kuru madde)	57

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Farklı bitki türlerine ait hidroponik ot üretim miktarları	5
Çizelge 3.1. Arpa merası otu, hidroponik arpa ve ıslatılmış dane arpanın besin madde içerikleri (KM %)	24
Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan başlangıç, büyütme ve bitirme yemlerinin içerikleri ve kimyasal besin madde kompozisyonları (KM, %)	25
Çizelge 3.3. Deneme süresince mera, hidroponik ve dane gruplarına uygulanan ilaç, vitamin ve aşı programı	30
Çizelge 4.1. Farklı arpa formları ile desteklenerek beslenen hindilerde deneme ortası ve deneme sonu canlı ağırlıklar	49
Çizelge 4.2. Farklı arpa formları ile desteklenerek beslenen hindilerde dönemlere göre canlı ağırlık kazançları	50
Çizelge 4.3. Farklı arpa formları ile desteklenerek beslenen hindilerde dönemlere göre günlük yem tüketimleri	51
Çizelge 4.3. Farklı arpa formları ile desteklenerek beslenen hindilerde dönemlere göre yemden yararlanma oranları	52
Çizelge 4.4. Deneme gruplarında hindilerde haftalara göre canlı ağırlıkların oransal değişimi (%)	53

SİMGELER

%	Yüzde
Ca	Kalsiyum
cm	Santimetre
Fe	Demir
g	Gram
HCl	Hidroklorik asit
HNO₃	Nitrik Asit
K	potasyum
kg	Kilogram
m	Metre
M	Molar
mg	Miligram
ml	Mililitre
mM	Milimolar
mm	Milimetre
m²	Metrekare
N	Azot
Na₂SO₄	Sodyum sülfat
nm	Nanometre
p	p Değeri, anlamlılık Değeri
P	Fosfor
ppm	Part per million
°	°C Sıcaklık (Santigrad derece)
µm	Mikrometre

KISALTMALAR

ANOVA	Analysis of Variance (Varyans Analizi)
AOAC	Association of Official Analytical Chemistry.
C	Cinsiyet
CA.	Canlı ağırlık
CAK	Canlı ağırlık kazancı
ÇKDS	Çimlendirilmiş kırmızı dane sorgum
D	Dişi
E	Erkek
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
G	Grup
GYT	Günlük yem tüketimi
HAY	Hidroponik arpa yemi
HBY	Hidroponik buğday yemi
HMY	Hidropomik mısır yemi
HP	Ham Protein
HSD	En küçük anlamlı fark testi
ICP-OES	İndüktif eşleşmiş plazma–optik emisyon spektrometrisi
IKA	Islatılmış kavuzlu arpa
IU	International Unit
Kcal	Kilo Kalori
KM	Kuru Madde
ME	Metabolik Enerji
NKDS	Normal kırmızı dane sorgum
NÖM	Azotsuz öz maddeler
NSP	Nişasta Dışı Polisakkaritler (Non-Starch Polysaccharides)
rpm	Dakikadaki devir sayısı
SEM	Ortalamanın standart hatası (Standard Error of the Mean)
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
YYO	Yemden yararlanma oranı

1. GİRİŞ

Küresel nüfus artışı ile iklim değişikliğinin birlikte yarattığı baskı, gıda üretim sistemlerinin sürdürülebilirliğini giderek azaltmakta ve bu durum, gelecekte insan gıda güvenliğinin daha ciddi risklerle karşı karşıya kalmasına neden olmaktadır (Dumlu, 2024; Hosseintabar-Ghasemabad vd., 2024). Bu küresel dinamikler karşısında kümes hayvancılığı, yüksek biyolojik değere sahip hayvansal protein üretimi sayesinde artan besin talebinin karşılanmasında ve sürdürülebilir gıda arzının desteklenmesinde kritik bir role sahip bir üretim kolu olarak öne çıkmaktadır (Seidavi vd., 2023; Sheffield vd., 2024).

Dünya genelinde her yıl yaklaşık 66 milyar kanatlı hayvan kesilmekte olup, kanatlı eti toplam et tüketimi içinde önemli bir paya sahiptir. FAO'nun istatistiki verilerine göre, 2024 yılında küresel toplam et üretimi yaklaşık 370 milyon ton olarak gerçekleşmiş ve bunun yaklaşık 146 milyon tonunu (%39–40) kanatlı eti oluşturmuştur (FAO, 2024). Amerika Birleşik Devletleri, Çin ve Brezilya, yüksek üretim kapasiteleri sayesinde kanatlı hayvancılığında önde gelen ülkeler arasında yer almaktadır (Rahman vd., 2013; Elbaz vd., 2021). Türkiye'de 2023 yılı üretim istatistiklerine göre tavuk eti üretimi yaklaşık 2.35 milyon tona ulaşırken, hindi eti üretimi 47.5 bin ton olarak kaydedilmiştir (TÜİK, 2024).

Hindi eti, yaklaşık %20–24 düzeyindeki yüksek kaliteli protein içeriği ve düşük yağ oranı ile insan beslenmesinde önemli bir hayvansal protein kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Hindi etinin yağ içeriği genellikle %1–10 arasında değişmekle birlikte bu değer; hayvanın yaşı, kesim ağırlığı, cinsiyeti, uygulanan besleme programı ve yetiştirme sistemi gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Ayrıca farklı iklim koşullarına uyum sağlayabilme yeteneği ve hindi ürünlerine yönelik artan talep, hindi yetiştiriciliğini geliştirilmesi gereken önemli bir hayvansal üretim sektörü hâline getirmektedir (Khatko ve Shirokova, 2022; Baéza vd., 2022; Kálmán ve Szöllösi, 2023; Utama vd., 2025).

Ülkemizde, 2022 yılı verilerine göre kişi başına düşen hindi eti tüketimi 0.63 kg olup, bu değer Avrupa Birliği ülkelerinde kaydedilen 2.66 kg'lık ortalamanın oldukça gerisindedir (TÜİK, 2023a; FAOSTAT, 2023). Aynı yıl ülke genelinde 6.018.000 adet, Şanlıurfa ilinde ise 38.332 adet canlı hindi bulunmuş; bu sayı ile Şanlıurfa, Türkiye genelinde 14. sırada yer almıştır (TÜİK, 2023b). Ancak, bölgedeki nüfusa oranlandığında, mevcut üretim miktarının oldukça yetersiz olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, son yıllarda hindi yetiştiriciliğine yönelik bölgesel ilginin arttığı gözlenmektedir. Özellikle Ortadoğu, İsrail ve İran gibi yakın pazarlara

ihracat potansiyeli açısından değerlendirildiğinde, sektörün önemli fırsatlar sunduğu söylenebilir (İnci vd., 2018; FAOSTAT, 2023).

Hindi yetiştiriciliğinde kanatlı yetiştiriciliğindeki gibi yem giderleri, toplam üretim maliyetlerinin yaklaşık %60–70’ini oluşturarak üretim ekonomisinde belirleyici bir unsur haline gelmektedir. Bu yüksek oran, yem kaynaklarının çeşitlendirilmesi ile daha düşük maliyetli alternatiflerin geliştirilmesini üreticiler açısından zorunlu hale getirmektedir (Slimen vd., 2023; Abbas, 2023; Bist vd., 2024; Gümüş, 2025).

Tahıllar, dünya genelinde ekonomik ve sosyal açıdan büyük öneme sahip olup, geniş ekili alanları nedeniyle stratejik ürünler arasında yer almaktadır (Bouajila vd., 2020). Günümüzde tahıl olarak ağırlıklı biçimde mısır kullanılmaktadır. Ancak mısırın pratik üretiminin yılın sınırlı bir döneminde yoğunlaşması ve hektolitre ağırlığının görece daha düşük olması, beslenme maliyetlerini azaltmak amacıyla arpanın tercih edilebilirliğini gündeme getirmektedir. Diğer taraftan mısır, arpa kadar hızlı çimlenme göstermemekle birlikte yılın her zamanı çimlendirme imkanı bulunmamaktadır. Ülkemizde ve dünyada, buğday, arpa, tritikale ve çavdar gibi daha ucuz yem alternatifleri, maliyet etkinliği ve sürdürülebilirlik açısından giderek daha fazla değerlendirilmektedir (Başer ve Yetişir, 2007).

Arpa (*Hordeum vulgare* L.), buğdaygiller familyasına ait tek yıllık bir bitki olup, kısa gelişme süresi, kuraklığa dayanıklılığı, yüksek fotosentetik kapasitesi ve yem olarak sağladığı tatmin edici besleyici değer ile ön plana çıkan ve farklı çevre koşullarına kolaylıkla uyum gösterebilen bir tahıl türüdür (Karley vd., 2011; Wang vd., 2024; Tesfaye ve Bayih, 2024).

Dünya genelinde en fazla üretilen dördüncü tahıl olan arpa, ham protein içeriği nispeten düşük olmasına rağmen (%9–13) yaklaşık %67 oranındaki karbonhidrat bileşimi sayesinde hayvan beslemede önemli bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Giraldo vd., 2019; Perera vd., 2022; Al-Bayati, 2023). Tek yıllık bir bitki olması, arpanın kısa süreli kanatlı üretim sistemlerinde hızlı bir mera kurulumu için uygun bir yem kaynağı olarak değerlendirilmesini düşündürmektedir. Bu özellik, özellikle tek sezonluk hindi veya kaz yetiştiriciliği gibi üretim modellerinde ekonomik ve sürdürülebilir bir besleme stratejisi sunmaktadır (Erdoğan vd., 2018). Arpanın bu hızlı gelişim kapasitesi, aynı zamanda kısa sürede taze yeşil kaba yem üretimine olanak tanımakta ve mera olanaklarının sınırlı olduğu bölgelerde, önemli bir avantaj oluşturma potansiyeli vardır. Ayrıca arpanın yüksek

kuraklık toleransı, düşük yağış alan alanlarda dahi verimli bir şekilde yetişmesine imkân tanımakta ve suyun sınırlı olduğu dönemlerde bile bitki gelişiminin devam ettirilebilmesini sağlamaktadır (Ayhan, 2023). Bu yönleriyle arpa, kanatlı yetiştiriciliğinde sürdürülebilir taze yeşil kaba yem kaynağı arayışlarında dikkat çeken bir yem bitkisi konumuna gelebilir.

Kaba yemler, birim ağırlıkta sindirilebilir besin madde içeriği düşük (selüloz içeriği yüksek) olan yemlerdir. Bu yemler, su içeriği %14'ün üzerinde olan sulu kaba yemler ile kuru maddede yaklaşık %16–18 düzeyinde selüloz içeren daha kuru yem materyallerini kapsayan bir yem grubudur (Böbrek, 2022). Kanatlı besisinde, özellikle küçük kanatlı türlerinde kaba yem kullanımı belirleyici bir önem taşımamaktadır. Buna karşın, ülkemizin bazı bölgelerinde gelişmekte olan hindi ve kaz besiciliği ile gezer tavukçuluk gibi daha büyük kanatlı sistemlerinde kaba yemin ekonomik üretim açısından zorunlu olduğu vurgulanmaktadır.

Bu üretim modellerinde maliyet etkinliğinin sağlanabilmesi için kaba yeme ağırlık verilmesi ve sistemin mera ile desteklenmesi önerilmektedir. Ayrıca kaz ve hindi gibi türlerin yüksek yem tüketimi, üreticilerin yem maliyetleriyle başa çıkmasını güçleştirmekte ve bu durum bazı yetiştiricilerin üretimden çekilmesine yol açmaktadır. Üretimi sürdüren sınırlı sayıdaki yetiştirici ise kesif yemleri dane yemle seyreltme veya hayvanları otlatmaya yönlendirme gibi yöntemlerle yemleme maliyetlerini azaltmaya çalışmaktadır (Yurtseven vd., 2020).

Mera alanlarının tarım amaçlı kullanımı, üreticilerin mera sahibi olmaması, mera tesisinin güçlüğü ve tarım dışı yerleşimin artması gibi etkenler, Türkiye’de mera varlığını ve verimliliğini önemli ölçüde azaltmış; bu durum özellikle kanatlı yetiştiriciliğinde kaliteli kaba yem teminini daha da zorlaştırmıştır (Lemus, 2009; Özkul vd., 2012). Çayır ve meralar ile baklagil ve buğdaygil yem bitkileri kaba yem kaynağı olarak değerlendirilebilse de, tahıl sapları, saman ve kuru ot gibi materyaller kanatlıların sindirim fizyolojisine uygun olmadığından bu tür sistemlerde taze yeşil ot ihtiyacı ya meradan ya da alternatif üretim modellerinden karşılanmak zorundadır (Garipoğlu, 2013; Kara ve Yüksel, 2014).

İklim değişikliği, su kaynaklarındaki azalma ve artan talep, geleneksel tarım yöntemleriyle sürdürülebilir taze yeşil yem üretimini güçleştirmekte, bu da üreticileri mera dışı kaba yem kaynaklarına yöneltmektedir (Saha vd., 2016; Grigas vd., 2020). Bu bağlamda, çevresel faktörlerin kontrol edilebildiği topraksız tarım sistemlerine olan ilgi artmış olup, hidroponik yem üretimi mera altyapısının yetersiz olduğu

bölgelerde ekonomik ve sürdürülebilir bir kaba yem kaynağı sağlayan uygulanabilir bir alternatif olarak öne çıkmaktadır (Naik vd., 2017; Sobur vd., 2025). Hidroponik sistem, toprak kullanılmadan ve kontrollü çevresel koşullar altında, minimum su ve alan gereksinimiyle bitki tohumlarının çimlendirilerek kaba yem üretimini sağlayan bir yöntemdir (Ahamed vd., 2023; Rajendran vd., 2024).

Çimlendirme süreci, uyku halindeki tohumların suyu emmesi ve kökçüklerin uzamasıyla başlar. Filizlenen tohum, protein, karbonhidrat ve lipitlerin daha basit bileşiklere dönüşümünü sağlayan enzimatik aktivitelere maruz kalır; özellikle proteazların aktive olmasıyla besin maddelerinin biyoyararlanımı artar (Sruthi ve Rao, 2021). Ayrıca, bu süreç protein miktarı ve kalitesinin yanı sıra mineral ve vitamin yoğunluğunu da artırmaktadır (Al-Kanaan, 2022).

Hidroponik yem sistemleri, hayvancılıkla uğraşan çiftçiler için önemli ekonomik avantajlar sunmaktadır (Sobur vd., 2025). En belirgin avantajlarından biri su verimliliğidir; bu sistem, aynı yem miktarını üretmek için tarla koşullarında kullanılan suyun sadece %2-3'ünü tüketmektedir; örneğin, 1 kg hidroponik yeşil yem için 2-3 litre su yeterliyken, tarla mera üretiminde bu miktar 55-75 litre arasında değişmektedir (Shit, 2019; Khaziev vd., 2021; Velazquez-Gonzalez vd., 2022). Bu avantajı sayesinde, hidroponik yem üretimi özellikle suyun kıt ve maliyetli olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde önemli ölçüde su tasarrufu ve ekonomik fayda sağlamaktadır (Ahamed vd., 2023). Ayrıca, hidroponik sistemler minimum alan gereksinimi ile öne çıkmakta olup, seralarda, çatılarda veya dikey tarım sistemlerinde kolaylıkla kurulabilmektedir. (Rajendran vd., 2024). Bir diğer önemli avantajı, yüksek sindirilebilirliği sayesinde yem maliyetlerini %30-50 oranında azaltmasıdır (Arif vd., 2023).

Öte yandan, hidroponik yem sistemlerinin etkinliği yalnızca su ve alan kullanım avantajları ile sınırlı olmayıp, kullanılan bitki türüne bağlı olarak elde edilen biyokütle miktarı ve üretim süresi bakımından da farklılık göstermektedir. Bu nedenle hidroponik sistemlerde yetiştirilen farklı yem bitkilerinin biyokütle verimleri ve çimlenme döngülerinin karşılaştırılması önem taşımaktadır. Literatürde hidroponik koşullarda yetiştirilen farklı bitki türlerine ait üretim verileri Çizelge 1.1'de sunulmuştur.

Çizelge 1.1. Farklı bitki türlerine ait hidroponik ot üretim miktarları

Yem türü	Biyokütle verimi (kg dane ⁻¹)	Çimlenme dönüşü (gün)	Günlük hidroponik ot verimi (kg gün ⁻¹)	Kaynak
Arpa	8.00	8	1.000	Badra vd., 2017
Arpa	8.45	8	1.056	Castillo vd., 2013
Arpa	5.21	7	0.744	Mekonnen vd., 2019
Arpa	5.06	5	1.012	Murthy vd., 2017
Arpa	6.62	7	0.946	Abouelezz vd., 2019
Börülce	7.20	5	1.440	Murthy vd., 2017
Buğday	3.50	7	0.500	Rahman vd., 2021
Buğday	5.88	8	0.735	Castillo vd., 2013
Mısır	2.74	7	0.391	Rahman vd., 2021
Mısır	4.82	5	0.964	Murthy vd., 2017
Mısır	4.67	14	0.334	Ningoji vd., 2020
Yulaf	6.32	7	0.903	Mekonnen vd., 2019
Yulaf	2.50	7	0.357	Rahman vd., 2021

Çizelge 1.1 incelendiğinde, hidroponik sistemlerde farklı yem bitkileri arasında biyokütle verimi ve üretim süresi bakımından belirgin farklılıklar olduğu görülmektedir. Özellikle arpa, kısa çimlenme süresi ve yüksek biyokütle verimi ile hidroponik yem üretiminde öne çıkan bir tür olarak dikkat çekmektedir. Bununla birlikte, arpanın farklı üretim ve işleme formlarının yalnızca verim açısından değil, aynı zamanda sindirilebilirlik ve besin madde kullanım etkinliği açısından da değerlendirilmesi gerekmektedir. Arpa, özellikle β -glukan ve fitik asit gibi sindirilebilirliği azaltan antinutrisyonel faktörler içermesi nedeniyle kanatlı rasyonlarında dikkatli kullanılmalıdır (He vd., 2025; Al-Asmari vd., 2025).

β -glukanlar, D-glukopiranosil birimlerinin β -(1→4) bağlarıyla lineer şekilde birleşmesi ve bu yapının tekli β -(1→3) bağlarıyla kesintiye uğraması sonucu oluşan homopolisakkaritlerdir. Bu polisakkarit yapı, ağırlıklı olarak β -(1→3) bağlı selotriozil (%58–72) ve selotetrazil (%20–34) birimlerinden meydana gelmektedir (Henrion vd., 2019). β -glukan, gastrointestinal kanaldaki viskoziteyi artırarak besinlerin sindirim ve emilim süreçlerini olumsuz etkiler ve dolayısıyla büyüme performansını düşürebilir (White vd., 1981; McNab ve Smithard, 1992; Karunaratne vd., 2021). Arpadaki β -glukan içeriği, 100 g kuru tane başına yaklaşık 2.4–5.3 g arasında değişmekte olup, bu yönüyle yulaftan sonra en yüksek β -glukan düzeyine sahip ikinci tahıl konumundadır (Langenaeken vd., 2020; Abdi ve Joye, 2021).

Bir diğer önemli antinutrisyonel faktör olan fitik asit (miyo-inositol hekzafosfat), tahıllarda ve baklagillerde fosforun başlıca depolama formu olup (Kumar vd., 2010), yemlerdeki toplam fosforun %60–90'ının bu formda bulunduğu

bildirilmektedir (Wu vd., 2009). Ayrıca fitat, Zn, Fe, Ca, Mg, Mn ve Cu gibi minerallerle güçlü kompleksler oluşturarak bu elementlerin çözünürlüğünü, işlevselliğini ve biyoyararlanımını önemli ölçüde azaltmaktadır (Wu vd., 2009; Vashishth vd., 2017). Ruminantlar dışında çoğu memeli ve kanatlı türü, gastrointestinal sistemde fitatı etkili biçimde hidrolize edecek yeterli endojen fitaz enziminden yoksundur; bu nedenle fitat fosforu sindirilemeden atılır ve çevresel fosfor kirliliğine neden olur (Dersjant-Li vd., 2015; Cowieson vd., 2016). Düşük fitatlı arpa çeşitlerinin kullanımı (Jang vd., 2003; Salarmoini vd., 2008) ile birlikte çimlendirme, ıslatma, fermentasyon, pişirme ve gama ısınlama gibi işlemlerin, arpa tanesindeki antinutrisyonel faktörlerin azaltılmasında etkili olduğu gösterilmiştir (Kalaycı ve Şahin Kaya, 2022; Kumari vd., 2023). Enzim ilavesi gibi teknolojik uygulamalar pratik ve etkili olmakla birlikte çoğu zaman yüksek maliyet gerektirmektedir (Fouad, 2015; Sultana vd., 2022). Bu nedenle arpanın çimlendirilmesi, mera koşullarında yetiştirilmesi (Gowda vd., 2022) veya ıslatılması gibi düşük maliyetli ve uygulanabilir yöntemler, antinutrisyonel faktörlerin azaltılmasında öne çıkan alternatif stratejiler olarak değerlendirilmektedir. Tahıllar arasındaki fitaz aktivitesi ıslatma ve çimlenme ile ortaya çıkan bir aktivite olup, farklı tahıllarda belirgin düzeyde farklılık göstermektedir. Buğday, çavdar ve tritikale yüksek fitaz aktivitesi ile öne çıkarken; arpa orta seviyede, mısır ise oldukça düşük düzeyde aktivite sergilemektedir (Eeckhout ve De Paepe, 1994; Gupta vd., 2015).

Doğada tahıllarda fitaz enziminin çimlenme sırasında aktive olması, tahıl ve baklagil tohumlarındaki artan fitaz aktivitesi ile fitatın parçalanmasını ve böylece fosfor biyoyararlanımının yükselmesine katkı sağlayabilir (Gupta vd., 2015). Önceki çalışmalar arpanın bazı işlenmiş formlarının performans üzerine etkilerini incelemiş olsa da, hindilerde arpa merası, hidroponik arpa ve ıslatılmış dane arpanın eş zamanlı olarak karşılaştırıldığı kapsamlı bir araştırma bulunmamaktadır. Arpanın işlenme şekline bağlı olarak β -glukan ve fitat düzeylerinde meydana gelen değişikliklerin hindi performansı ile ilişkisi ise literatürde yeterince açıklığa kavuşturulamamıştır. Bu bağlamda, bu araştırmanın amacı; Amerikan Bronz hindilerinde arpa merası, hidroponik arpa ve ıslatılmış dane arpa formlarının büyüme performansı, yemden yararlanma, karkas özellikleri ve arpa kaynaklı antinutrisyonel faktörler üzerindeki etkilerini karşılaştırmalı olarak değerlendirmektir. Çalışma, farklı arpa işleme yöntemlerinin besin madde kullanımına ve antinutrisyonel faktörlere etkilerini bütüncül biçimde inceleyerek, hindilerde uygulanabilir, ekonomik ve sürdürülebilir yem stratejileri geliştirilmesine yönelik bilimsel bir temel oluşturmayı hedeflemektedir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Kanatlı Beslemede Mera Otlarının Performans Parametreleri Üzerine Etkileri

Ali vd. (2026), Wanxi beyaz kazlarında kapalı sistem besleme ile mera temelli besleme uygulamaların büyüme performansı, karkas özellikleri ve et kalitesi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışma, kazların çıkımından itibaren toplam 90 gün süreyle yürütülmüş; hayvanlar ilk 25 gün boyunca aynı koşullarda kapalı ortamda ticari yemle yetiştirildikten sonra, 25. günden itibaren deneme uygulamalarına alınmıştır. Kapalı sistem grubunda kazlar büyütme (25–45 gün) ve bitirme (46–90 gün) dönemlerine uygun olarak formüle edilmiş, sırasıyla yaklaşık %20 ve %15 ham protein içeren konsantre yemlerle beslenmiştir. Mera grubunda ise hayvanlar 25–90. günler arasında gün boyunca İtalyan çimi (*Lolium multiflorum*) ekili merada otlatılmış, gece saatlerinde ise büyütme döneminde yaklaşık %20 ham protein ve bitirme döneminde yaklaşık %15 ham protein içeren konsantre yemlerle desteklenmiştir. Bulgular, uygun şekilde kombine edilen mera ve konsantre yem uygulamalarının performans kaybı oluşturmaksızın yemden yararlanma oranını ve karkas randımanını iyileştirdiğini; taşlık ve bezli mide gibi sindirim organlarındaki gelişimin ise selülozca zengin beslemeye fizyolojik adaptasyonun bir göstergesi olduğunu ortaya koymuştur. Çalışmada et kalitesine ilişkin değişimler, et dokusundaki besin bileşenlerinin içeriğini ortaya koyan analizler ile değerlendirilmiştir. Buna göre mera otlatmasının, but kasında et lezzetinin oluşumunda rol oynayan esansiyel olmayan amino asitlerin (L-glutamat, L-glutamin, L-aspartat ve L-alanin) düzeylerini artırdığı; ayrıca omega-3 yağ asitlerini yükselterek omega-6/omega-3 oranını düşürdüğü bildirilmiştir. Yazarlar, et kalitesinin yalnızca yağ miktarı üzerinden değil, yağ asidi dengesi ve metabolik adaptasyonlar üzerinden değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamış; mera temelli besleme sistemlerini, bağırsak mikrobiyotası aracılığıyla etin besinsel değerini iyileştiren fonksiyonel bir besleme stratejisi olarak tanımlamışlardır.

Haščík vd. (2025), yaban hindilerinde (*Meleagris gallopavo* L.) yarı-doğal yetiştirme koşullarının karkas verimi ve etin fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, 20 adet dişi yabani hindi kullanılmış ve hayvanlar 240 günlük yaşta kesime alınarak değerlendirilmiştir. Hindiler, yetiştirme süresince meraya serbest erişim koşullarında tutulmuş; ilk 1–70 gün boyunca başlangıç yemi (ME: 2944 kcal/kg; HP: %26.58) ve su serbest olarak sağlanmış, 70–240. günler arasında ise meraya ek olarak buğday, mısır, arpa ve ayçiçeği ile serbest olarak desteklenmiştir. Araştırmada besi performansından ziyade, kesim

sonunda karkas randımanı, etin kimyasal bileşimi, amino asit ve yağ asidi profili ile et rengi değerlendirilmiştir. Bulgular, yarı-doğal koşullarda yetiştirilen yaban hindilerinde başsız karkas randımanının yüksek olduğunu (%79.56) ve göğüs ile but etleri arasında protein, yağ ve kolesterol içerikleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir. Göğüs etinde protein oranının but etine göre daha yüksek olduğunu; buna karşılık but etinde yağ ve kolesterol içeriklerinin göğüs etine göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Yazarlar, uzun süreli ve meraya serbest erişimin sağlandığı yetiştirme koşullarının, etin amino asit ve yağ asidi profili ile protein–yağ dağılımını etkileyerek fonksiyonel et üretimine katkı sağlayabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca, göğüs ve but etleri arasında gözlenen kimyasal bileşim farklılıklarının yalnızca kas tipine değil, serbest hareket ve mera kullanımına bağlı metabolik adaptasyonlarla ilişkili olabileceği ifade edilmiştir.

Şişman ve Tilki (2024), yerli Türk kazlarında farklı besi yöntemleri ve cinsiyetin büyüme performansı üzerindeki etkilerini incelemiş; kazları 1 günlük yaştan itibaren izlemeye alarak, besi uygulamalarını 6. haftadan itibaren başlatmışlardır. Toplam 111 kaz ile yürütülen çalışmada, besi yöntemleri 6–16. haftalar arasında (10 hafta) uygulanmış ve hayvanlar konsantre yem, mera + arpa kırmısı, mera + konsantre yem ve sadece mera olmak üzere dört gruba ayrılmıştır. Çalışmada ilk 6 haftada 2949 kcal/kg ME ve %21.32 HP içeren başlangıç yemi, 6. haftadan sonra ise 3034 kcal/kg ME ve %15.35 HP içeren büyütme yemi kullanılmıştır. Mera uygulamasının 6. haftadan sonra başlatılmasında, bu yaş öncesinde tüylenmenin yeterli düzeye ulaşmamış olması nedeniyle merada soğuk stres riskinin artabileceği dikkate alınmıştır. Bulgular, mera temelli ve destekli besleme sistemlerinin, yalnızca konsantre yemle beslemeye yakın canlı ağırlık ve canlı ağırlık artışı sağlayabildiğini; buna karşılık konsantre yemle beslenen gruplarda yem tüketiminin daha yüksek, ancak ekonomik verimliliğin sınırlı olduğunu göstermiştir. Sadece merada beslenen kazlarda performansın görece düşük olduğu, ancak düşük yem maliyeti nedeniyle alternatif bir yetiştirme modeli olabileceği belirtilmiştir. Ayrıca erkek kazların çoğu dönemde dişilere kıyasla daha yüksek performans sergilediği ve cinsiyetin önemli bir etken olduğu vurgulanmıştır. Araştırmacılar, mera temelli ve destekli besleme sistemlerinin kaz yetiştiriciliğinde sürdürülebilir ve uygulanabilir bir seçenek sunduğunu ifade etmişlerdir.

Túmová vd. (2024), Ross 308 broylerlerde yem kısıtlaması ve yem kısıtlaması ile mera erişiminin performans ve karkas özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, 1 günlük yaşta denemeye alınan ve 35. güne kadar yetiştirilen 1.260 adet erkek civciv, üç yemleme grubuna ayrılmıştır. Kontrol

grubunda hayvanlar tüm dönem serbest beslenmiş, ikinci grupta 8–14. günler arasında serbest tüketimin %70'i düzeyinde yem kısıtlaması uygulanmıştır. Üçüncü grupta ise aynı yem kısıtlama programına ek olarak hayvanlara 21. günden itibaren mera erişimi sağlanmıştır. Deneme süresince hayvanlar başlangıç (3011 kcal/kg ME ve %21.6 HP), büyütme (3083 kcal/kg ME ve %19.6 HP) ve bitirme (3227 kcal/kg ME ve %18.5 HP) yemleriyle beslenmiş, yem kısıtlaması yalnızca verilen yem miktarı üzerinden uygulanmıştır. Araştırmacılar, yem kısıtlaması uygulanan gruplarda 35. gün canlı ağırlığı ve günlük canlı ağırlık artışının, serbest beslenen gruba kıyasla anlamlı düzeyde daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Karkas randımanının yemleme gruplarından etkilenmediği; buna karşın yem kısıtlaması ve mera uygulamasının göğüs eti oranı ile abdominal yağ oranını azalttığı belirtilmiştir.

Arslan ve Çetin (2023), Amerikan Bronz hindilerde farklı yetiştirme sistemlerinin büyüme ve besi performansı üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla yürüttükleri çalışmalarında, hindi palazlarını çıkımdan itibaren izlemeye almış, ancak yetiştirme sistemlerine dayalı deneme muamelelerini 10 haftalık yaşta başlatmışlardır. Toplam 123 hindi ile yürütülen ve 10–32. haftalar arasını kapsayan çalışmada hayvanlar entansif (kesif yem serbest), yarı entansif (kontrol grubunun tükettiği kesif yemin %75'i + mera) ve ekstansif (kontrol grubunun tükettiği kesif yemin %50'si + mera) olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Bulgular, canlı ağırlık artışı bakımından entansif ve yarı entansif grupların benzer performans sergilediğini, buna karşılık ekstansif grupta canlı ağırlık artışının daha düşük seyrettiğini göstermiştir. Yem tüketimi ve yemden yararlanma değerlendirildiğinde, entansif sistemde kesif yem tüketiminin en yüksek olduğu; ekstansif sistemde ise yemden yararlanma değerlerinin daha düşük, yani yemden yararlanmanın daha iyi olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar, elde edilen sonuçları değerlendirerek Amerikan Bronz hindilerin mera koşullarına yüksek adaptasyon yeteneği sergilediğini, yeterli mera kalitesi sağlandığında büyümenin 32. haftadan sonra da sürdürülebileceğini ve özellikle 16. haftadan itibaren mera temelli veya destekli yetiştirme sistemlerinin ekonomik açıdan daha avantajlı bir alternatif oluşturabileceğini vurgulamışlardır.

Ahizo vd. (2023), mera temelli broyler yetiştiriciliğinde ticari broyler yeminin kısıtlanmasının büyüme performansı, karkas özellikleri ve üretim maliyeti, toplam maliyet ve fayda–maliyet oranı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada toplam 96 adet, Ross broyler kullanılmış ve denemeye 1 günlük yaşta başlanmıştır. Araştırma 42 gün süreyle yürütülmüş; denemenin ilk 1–21. günleri arasında tüm hayvanlar kapalı sistemde tutulmuş ve başlangıç (2899 kcal/kg ME, %21 HP) yemi ile beslenmiştir. Deneme muameleleri bitirme döneminde (22–42. günler)

uygulanmıştır. Bu dönemde ticari yemle beslenen gruptaki broylerler tamamen kapalı koşullarda yetiştirilmiş ve bitirme yemi (2916 kcal/kg ME, %19 HP) serbest olarak verilmiştir. Mera temelli sistemde ise broylerler 22. günden itibaren, mobil padoklar (tabanı açık, taşınabilir ve merada düzenli olarak yeri değiştirilen küçük barınak sistemi) kullanılarak kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) ve ak üçgül (*Trifolium repens*) karışımından oluşan ekili meraya günlük erişim koşullarında yetiştirilmiş; aynı ticari bitirme yem %50 oranında kısıtlı olarak sunulmuştur. Araştırma sonunda, mera temelli sistemde yetiştirilen broylerlerde canlı ağırlık artışı, günlük yem tüketimi ve yemden yararlanma oranının entansif sisteme kıyasla anlamlı düzeyde azaldığı; buna karşın toplam üretim maliyetinin düştüğü, fayda-maliyet oranının arttığı ve ölüm oranının gözlenmediği bildirilmiştir. Kursak içeriği analizleri, mera grubundaki broylerlerin toplam yem tüketiminin yaklaşık %30'unu meradan sağladığını ortaya koymuştur. Yazarlar, performans düşüşlerinin büyük ölçüde ticari yemin yüksek düzeyde kısıtlanması (%50) ile ilişkili olduğunu vurgulamış ve mera temelli sistemlerde %30–40 düzeyinde yem kısıtlamasının, kompensatuvar büyüme potansiyeli açısından gelecekte değerlendirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Keskin ve Ölmez (2021), Ağrı ilinde halk elinde yetiştirilen yerli kazlarda (*Anser anser*) meraya öğütülmüş arpa ilavesinin besi performansı ve karkas özellikleri üzerindeki etkilerini ele almışlardır. Çalışma, 1–3 günlük yaşta başlatılmış ve toplam 10 hafta süreyle yürütülmüştür. Bu kapsamda toplam 60 kaz civcivi, her biri 20 hayvandan oluşan üç gruba ayrılmış; kontrol grubu yalnızca merada beslenirken, deneme gruplarında öğütülmüş arpa takviyesi 3–7. haftalar (B1) ve 7–10. haftalar (B2) olmak üzere iki ayrı dönemde uygulanmıştır. Öğütülmüş arpa miktarı deneme süresince 100 g'dan 150 g/gün'e kademeli olarak artırılmıştır. Bulgular, 10. hafta canlı ağırlığı ve ortalama günlük canlı ağırlık artışının, öğütülmüş arpa ile desteklenen gruplarda kontrol grubuna kıyasla daha yüksek olduğunu; en yüksek performansın kesime yakın dönemde (7–10. haftalar) takviye uygulanan B2 grubunda elde edildiğini göstermiştir. Buna karşılık, karkas randımanı, temel karkas parça oranları (göğüs, but, sırt) ile baş, ayak, kalp, karaciğer ve taşlık ağırlıkları bakımından gruplar arasında anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir. Araştırmacılar, geleneksel mera besisinin sürdürüldüğü yerel kaz yetiştiriciliğinde öğütülmüş arpa ile dönemsel desteklemenin, karkas kompozisyonunu olumsuz etkilemeden canlı ağırlık artışını artıran ve pratikte uygulanabilir bir besleme stratejisi olduğunu ifade etmişlerdir.

Ran vd. (2021), mera koşullarında yetiştirilen Swan kazlarında (*Anser cygnoides*) konsantre yemle desteklemenin büyüme performansı ve karkas özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, denemeye alındıklarında yaklaşık 42 günlük yaşta ve yaklaşık 1.21 kg canlı ağırlığa sahip toplam 144 erkek kaz kullanılmıştır. Deneme öncesinde kısa süreli bir adaptasyon dönemi uygulanmış ve hayvanlar, her biri 6 tekerrürlü (tekerrür başına 6 hayvan) olacak şekilde dört gruba ayrılmıştır. Kontrol grubuna yalnızca mera sağlanırken, deneme gruplarına meraya ek olarak farklı metabolik enerji düzeylerinde (2271, 2749 ve 3227 kcal/kg) formüle edilmiş yemler verilmiş ve çalışma 56 gün (8 hafta) süreyle yürütülmüştür. Bulgular, bu yemlerle desteklenen gruplarda 28. ve 56. gün canlı ağırlıkları ile günlük canlı ağırlık artışının, yalnızca merayla beslenen gruba kıyasla arttığını; ancak farklı metabolik enerji düzeylerine sahip konsantre yemler arasında büyüme performansı bakımından belirgin bir fark oluşmadığını göstermiştir. Buna karşılık, konsantre yemin metabolik enerji düzeyi yükseldikçe özellikle denemenin ikinci yarısında kuru madde tüketiminin azaldığı, karkas veriminde doğrusal bir düşüş ve abdominal yağ oranında artış eğilimi ortaya çıktığı bildirilmiştir. Araştırmacılar, mera temelli kaz yetiştiriciliğinde büyüme performansı ve karkas özellikleri arasında denge sağlanabilmesi için daha düşük metabolik enerji düzeyine sahip (2271 kcal/kg) dengeli bir konsantre yemin tercih edilmesinin daha uygun olabileceğini vurgulamışlardır.

Kaya ve Yurtseven (2021), sıcak iklim koşullarında yetiştirilen Linda kazlarında entansif ve yarı entansif besleme sistemlerinin büyüme performansı ve bazı karkas özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla, toplam 150 Linda kazı civcivi ile bir deneme yapmışlardır. Cıvcivler 3 günlük yaşta temin edilmiş, 3 haftalık yaşa kadar standart başlangıç yemiyle (3100 kcal/kg ME ve %23 HP) beslenmiş ve ardından deneme gruplarına ayrılmıştır. Performans karşılaştırmaları 3–17. haftalar arasında yürütülmüş olup, bu dönem yaklaşık 14 haftalık (98 günlük) bir deneme süresini kapsamaktadır. Entansif grupta kazlar deneme süresince konsantre yemle beslenirken, yarı entansif grupta 7. haftadan itibaren rasyon %20 oranında arpa ile seyreltilmiş, 10. haftadan sonra ise hayvanlar ryegrass merasında otlatılmaya başlanmıştır. Çalışma sonucunda, entansif sistemde canlı ağırlık artışının genel olarak daha yüksek olduğu bulunmuştur. Buna karşılık, yarı entansif sistemde yem tüketiminin azalmasına rağmen büyüme performansının kabul edilebilir düzeyde seyrettiği belirlenmiştir. Ayrıca mera temelli besleme uygulamalarının sindirim sistemiyle ilişkili bazı iç organların ağırlıklarını artırdığı, ancak karkas ağırlığında sınırlı bir düşüşe yol açtığı tespit edilmiştir. Araştırmacılar, elde edilen bu sonuçlar doğrultusunda, Linda kazı yetiştiriciliğinde mera ile

desteklenmiş yarı entansif besleme sistemlerinin, özellikle yem maliyetlerinin yüksek olduğu koşullarda uygulanabilir ve ekonomik bir alternatif oluşturduğunu ifade etmişlerdir.

İnci (2020) çalışmasında, beyaz hindilerde farklı yetiştirme sistemlerinin (kapalı sistem, %50 kesif yem + mera ve tamamen mera temelli sistem) besi performansı üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Araştırmada denemeye 1 günlük yaşta toplam 90 adet Big-6 hindi palazı ile başlanmış ve deneme 17 hafta süreyle yürütülmüştür. Denemenin ilk 8 haftasında tüm gruplar kapalı sistemde ve aynı bakım-besleme koşullarında yetiştirilmiştir. Çalışmada hindiler yaş dönemlerine göre formüle edilmiş kesif yemlerle beslenmiş olup rasyonlar başlatma (0–8 hafta: 2800–2900 kcal/kg ME ve %26–28 HP), büyütme (9–14 hafta: 2900–3000 kcal/kg ME ve %20–23 HP) ve bitirme (15–17 hafta: 3000–3200 kcal/kg ME ve %20–23 HP) dönemleri şeklinde uygulanmıştır. Sekizinci haftadan sonra yarı entansif grupta hayvanlara meraya erişim sağlanmış ve kesif yemin %50'si ile destekleme yapılırken, üçüncü gruptaki hindiler tamamen merada otlatılmıştır. Elde edilen bulgular doğrultusunda, denemenin ilk 8 haftasında canlı ağırlık bakımından gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmadığını belirlemiştir. Buna karşılık, meraya geçiş sonrasında, özellikle 10. haftadan itibaren yetiştirme sisteminin canlı ağırlık gelişimi üzerinde belirgin etkiler oluşturduğunu bulmuştur. Deneme sonunda kapalı sistemde yetiştirilen hindilerin en yüksek canlı ağırlığa ulaştığını, bunu %50 kesif yem + mera uygulamasının izlediğini ve tamamen mera temelli beslemenin canlı ağırlığı sınırladığını ortaya koymuştur. Bununla birlikte, meraya dayalı sistemlerin konsantre yem tüketimini önemli ölçüde azalttığını ve özellikle yarı entansif uygulamanın yemden yararlanma oranını iyileştirdiğini rapor etmiştir. Yazar, meraya geçiş sonrasında gözlenen performans farklılıklarını hayvanların yeni çevresel ve besleme koşullarına uyum süreci ile ilişkilendirmiş ve yarı entansif sistemlerin, canlı ağırlıkta sınırlı bir düşüş karşılığında yem maliyetlerini azaltma potansiyeline sahip olduğunu vurgulamıştır.

2.2. Filizlendirme ve Hidroponik Üretim Yöntemleriyle Elde Edilen Tahılların Kanatlı Performansı Üzerine Etkileri

Yasmin vd. (2025), hindilerde rasyona farklı oranlarda hidroponik olarak filizlendirilmiş yem (hidroponik mısır ve sesbanya filizi) ilavesinin büyüme performansı, yemden yararlanma ve ekonomik uygulanabilirlik üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Çalışmaya 56 günlük yaştaki hindi palazlarıyla başlamışlardır. Çünkü bir kaba yem olan hidroponik yemlerin hindiler tarafından tüketilebileceği yaş bu aralıklardadır. Araştırmada, kontrol grubuna %100 kesif yem

uygulanırken, deneme gruplarında rasyona %10, %30 ve %40 oranlarında hidroponik yemler eşit düzeyde karışık olarak eklenmiştir. Bulgular, %10 düzeyinde hidroponik yem içeren rasyonun günlük canlı ağırlık artışı ve yemden yararlanma bakımından en uygun sonuçları sağladığını; buna karşılık daha yüksek ilave düzeylerinde büyüme performansının olumsuz etkilendiğini ortaya koymuştur. Ekonomik analizler, %10 hidroponik yem ilavesinin yem maliyetlerini düşürerek kârlılığı artırdığını göstermiştir. Bu sonuçlar, hidroponik filizlendirilmiş yemlerin yüksek nem ve düşük kuru madde içerikleri nedeniyle yüksek oranlarda kullanımlarının enerji alımı ve büyüme performansını sınırlandırabileceğini; buna karşılık düşük ve kontrollü düzeylerde rasyona dahil edilmelerinin ticari yoğun yemi tamamlayıcı bir bileşen olarak değerlendirilmesinin daha dengeli bir besleme yaklaşımı olduğunu ortaya koymaktadır.

Baye vd. (2024), Cobb 500 broylerlerde hidroponik arpa yeminin (HAY) büyüme performansı, karkas verimi ve karkas kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada, 21 günlük piliçlerin rasyonuna %3.5, %7 ve %10.5 düzeylerinde HAY ilavesinin, kontrol grubuna kıyasla canlı ağırlık artışı, günlük yem tüketimi ve yemden yararlanma oranını anlamlı biçimde iyileştirdiği bildirilmiştir. Özellikle %10.5 HAY içeren grupta en yüksek günlük canlı ağırlık artışı ve en düşük yem dönüşüm oranının elde edildiği saptanmıştır. HAY ilavesinin, filizlenme sürecine bağlı olarak ham protein, vitamin ve mineral içeriğini artırması ve β -glukan kaynaklı sindirim viskozitesini azaltarak besin maddesi sindirilebilirliğini iyileştirmesinin, performans artışının temel nedenleri olduğu ifade edilmiştir. Bununla birlikte, HAY uygulamasının karkas randımanı ve bazı karkas parçalarının ağırlıklarını artırdığı, ancak et pH'sı, su tutma kapasitesi ve pişirme kaybı gibi karkas kalite parametreleri üzerinde önemli bir etki oluşturmadığı bildirilmiştir. Ekonomik analiz sonuçlarına göre, en yüksek net gelirin %10.5 HAY içeren grupta elde edildiği belirtilmiştir.

Babiker vd. (2024), filizlendirilmiş (ilk 3 günlük dönemde sulu ortamda kökçük oluşma safhası) ve çimlendirilmiş (tohumun toprakta veya yetiştirme ortamında, kök-gövde-yapraklarıyla birlikte genç bitkiye (fide) dönüşmesi sürecinin başlangıcı) arpanın 21 günlük erkek piliçlerde büyüme performansı ve karkas özellikleri üzerindeki etkilerini ortaya koymayı amaçlamışlardır. Çalışmada arpa taneleri 3 gün süreyle filizlendirilmiş ve 7 gün süreyle çimlendirilmiş; bu işlenmiş arpa formları rasyonlara %5, %10 ve %20 düzeylerinde ilave edilmiştir. Araştırma bulguları, her iki yöntemin de (filizlendirme ve çimlendirme) arpanın ham protein ve ham selüloz içeriğini artırdığını göstermiştir. En yüksek metiyonin düzeyinin

filizlendirilmiş arpada belirlendiği, lizin ve arginin içeriklerinin ise çimlendirme süresinin uzamasına bağlı olarak arttığı bildirilmiştir. Performans parametreleri açısından, kontrol grubu ile %5 ve %20 filizlendirilmiş arpa ve %5 çimlendirilmiş arpa içeren rasyonlarla beslenen gruplarda canlı ağırlık artışı ve nihai canlı ağırlık değerlerinin daha yüksek olduğu saptanmıştır. Araştırmacılar, filizlendirilmiş arpanın %20'ye, çimlendirilmiş arpanın ise %5'e kadar erkek tavuk rasyonlarında güvenle kullanılabileceğini ve arpanın işleme şekli ile kullanım düzeyinin performans ve karkas özellikleri üzerinde belirleyici rol oynadığını vurgulamışlardır.

Zohrabi vd. (2024), etlik piliç rasyonlarında kullanılan arpanın işlenme şeklinin (işlenmemiş, filizlendirilmiş ve kavrulmuş) ve nişasta dışı polisakkarid (NSP) parçalayıcı enzim ilavesinin büyüme performansı, sindirim sistemi fonksiyonu ve bağırsak morfolojisi üzerindeki etkilerini karşılaştırmışlardır. Çalışma, 504 adet 1 günlük Ross 308 broyler ile 3×2 faktöriyel deneme deseninde yürütülmüş; filizlendirilmiş arpa, dane arpanın suda ıslatılmasını takiben kontrollü koşullarda kısa süreli çimlendirilmesi ve ardından kurutulmasıyla elde edilmiştir. Araştırmacılar, filizlendirilmiş arpa içeren rasyonlarla beslenen broylerlerde canlı ağırlık artışı ve yemden yararlanma oranının işlenmemiş ve kavrulmuş arpa gruplarına kıyasla daha iyi olduğunu bildirmişlerdir. Enzim ilavesinin performansı genel olarak iyileştirdiği ve özellikle filizlendirilmiş arpa ile birlikte kullanıldığında jejunal sindirim içeriği viskozitesini belirgin şekilde azalttığı rapor edilmiştir. Ayrıca, filizlendirilmiş arpa verilen gruplarda villus yüksekliği ve villus/kript oranının artması, bağırsak absorpsiyon kapasitesinin iyileştiğini göstermiştir. Genel olarak çalışma, arpanın uygun işleme yöntemleri ve enzim desteğiyle kullanılmasının, arpanın içerdiği NSP ve β -glukanların olumsuz etkilerini azaltarak sindirim sistemi fonksiyonu ve büyüme performansı üzerinde olumlu sonuçlar oluşturabileceğini ortaya koymaktadır.

Al-Bayati (2023), 1 günlük etlik piliçlerde rasyona farklı seviyelerde normal arpa ve filizlendirilmiş arpa ilavesinin performans ve bazı üretim özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmayı amaçlamıştır. Çalışma Ross 308 etlik civcivlerle yürütülmüş ve rasyonlara %15, %30 ve %45 oranlarında normal ve filizlendirilmiş arpa ilave edilen muamele grupları oluşturulmuştur. Deneme sonuçları, rasyondaki arpa seviyesinin artmasına bağlı olarak canlı ağırlık ve canlı ağırlık artışının olumsuz etkilendiğini, özellikle %45 arpa içeren rasyonlarda performansın belirgin şekilde düştüğünü ortaya koymuştur. Buna karşılık %15 arpa içeren rasyonların performans açısından daha uygun olduğu belirlenmiştir. Filizlendirilmiş arpanın ise tüm kullanım düzeylerinde normal arpaya kıyasla performans, karkas özellikleri ve diğer incelenen parametreler bakımından belirgin bir üstünlük sağlamadığı bildirilmiştir. Ayrıca

yüksek arpa seviyelerinde ince bağırsak viskozitesinin arttığı ve bağırsak morfolojisinin olumsuz etkilenebildiği ifade edilmiştir. Bu durum, arpanın rasyonlarda kullanımında üst sınırın aşılmasının, artan bağırsak viskozitesi ve buna bağlı enerji kullanımındaki kısıtlanmalar nedeniyle performansı olumsuz etkileyebileceğini göstermektedir. Sonuç olarak, etlik piliç rasyonlarında arpanın yüksek düzeylerde kullanımının performansı sınırlandırabileceği, buna karşılık %30'a kadar arpa kullanımının uygun formülasyon koşullarında uygulanabilir olduğu vurgulanmıştır.

Al-Rubaie ve Al-Mashhadani (2023), çimlendirilmiş kırmızı dane sorgum (ÇKDS) ve normal kırmızı dane sorgum (NKDS) formlarının etlik piliç rasyonlarında mısır yerine kullanım potansiyelini ele almışlardır. Çalışma, Ross 308 etlik civcivlerle 1-42 günlük yaş döneminde yürütülmüş; deneme gruplarında rasyonlarda yer alan mısır, sırasıyla %20 ÇKDS + %80 NKDS, %40 ÇKDS + %60 NKDS, %60 ÇKDS + %40 NKDS ve %80 ÇKDS + %20 NKDS kombinasyonlarıyla tamamen değiştirilmiştir. Kimyasal analizler, çimlendirme işleminin tanen ve fitik asit gibi antinutrisyonel faktörleri azalttığını, buna karşılık ham protein, lizin, metiyonin, β -karoten ve linoleik asit düzeylerini artırdığını göstermiştir. Performans sonuçlarına göre, %20 ÇKDS + %80 NKDS içeren rasyonun nihai canlı ağırlık ve canlı ağırlık artışı bakımından diğer kombinasyonlara kıyasla üstünlük sağladığı, yemden yararlanma oranının ise genel yetiştirme dönemi sonunda olumsuz etkilendiği bildirilmiştir. Araştırmacılar, bu bulgular doğrultusunda çimlendirilmiş kırmızı dane sorgumun etlik piliç rasyonlarında mısır yerine besleyici ve uygulanabilir bir alternatif yem hammaddesi olabileceğini ifade etmişlerdir. Bu bulgular, çimlendirme işlemiyle antinutrisyonel faktörlerin azaltılmasının, alternatif tahılların performansı koruyarak rasyonlarda değerlendirilmesini mümkün kıldığını göstermektedir.

Al-Kanaan (2022), hidroponik arpa yeminin (HAY) broyler piliçlerde büyüme performansı, bağırsak sağlığı ve ekonomik verimlilik üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmada 144 adet bir günlük Ross 308 civciv dört gruba ayrılmış; kontrol grubuna (başlangıç dönemi; %23 HP ve 2940 kcal/kg ME, bitirme dönemi; %19.3 ham HP ve 3170 kcal/kg ME) pelet yem verilmiş, diğer gruplarda rasyona sırasıyla %10 ve %20 oranlarında HAY pelet yem içine dahil edilmiş, bir grupta ise taze doğranmış HAY rasyona karıştırılmaksızın serbest yem olarak sunulmuştur. HAY'nin rasyona katılması kurutulup öğütüldükten sonra olmuştur. Araştırma sonuçları, özellikle %10 HAY içeren rasyonun haftalık ölçümler ile deneme süresinin tamamı boyunca hesaplanan toplam canlı ağırlık, canlı ağırlık artışı ve

yemden yararlanma oranı bakımından en uygun seviye olduğunu göstermiştir. Buna karşılık %20 HAY içeren rasyonlarda performansın sınırlı kaldığı, bu durumun artan selüloz içeriğine bağlı olarak sindirilebilirliğin azalmasıyla ilişkili olabileceği ifade edilmiştir. HAY'nin tam olarak veya serbest yem olarak sunulduğu grupta performans değerleri kontrol grubuna kıyasla daha yüksek bulunmuş, ancak %10 HAY grubunun gerisinde kalmıştır. Çalışmada ayrıca, %10 HAY uygulamasının bağırsak morfolojisi ve mikrobiyal denge üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu belirtilmiştir. Ekonomik değerlendirmelerde ise %10 HAY ilavesi ve tam HAY uygulamasının üretim indeksini ve ekonomik göstergeleri iyileştirdiği, yem maliyetlerini yaklaşık %9 oranında azalttığı rapor edilmiştir.

Sultana vd. (2022), hidroponik buğday yeminin (HBY) etlik piliç rasyonlarında kullanımının büyüme performansı, karkas özellikleri ve kan lipid profili üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmayı, Cobb 500 etlik civcivlerle 0–32 günlük yaş döneminde yürütülen iki besleme denemesi şeklinde gerçekleştirmişlerdir. İlk denemede rasyonlara 0, 25, 50 ve 75 g/kg HBY ilave etmişler; ikinci denemede ise 50 g/kg HBY, probiyotik ve ticari yem uygulamalarını karşılaştırmışlardır. Sonuçlara göre, 50 g/kg HFB içeren rasyonların nihai canlı ağırlık, canlı ağırlık artışı ve yemden yararlanma oranını anlamlı düzeyde iyileştirdiğini, yem tüketimi ve karkas özellikleri üzerinde ise olumsuz bir etki oluşturmadığını bildirmişlerdir. Daha yüksek HBY düzeylerinde performans artışı gözlenmediğini belirtmişlerdir. Ayrıca 50 g/kg HBY ilavesinin, serum toplam kolesterol ve trigliserid düzeylerini düşürdüğünü, HDL düzeyini ise artırdığını rapor etmişlerdir. Bu etkileri, filizlenme sürecinde artan enzimatik aktivite ve biyoaktif bileşiklerle ilişkilendirmişlerdir. Sonuç olarak, HBY'nin etlik piliç rasyonlarında 50 g/kg düzeyinde fonksiyonel bir yem bileşeni olarak değerlendirilebileceğini ifade etmişlerdir.

Talalay vd. (2020), hidroponik arpa yeminin (HAY)1 günlük etlik piliçlerde büyüme performansı ve et kalitesi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, kontrol grubunun standart ticari yemle beslendiği; deneme gruplarında ise rasyonlara %15 ve %20 oranlarında HAY'in kurutulup öğütüldükten sonra ilave edildiği bildirilmiştir. Çalışma 35. Güne kadar sürmüştür. Bulgular, her iki düzeydeki HAY ilavesinin canlı ağırlık artışı ve yemden yararlanmayı iyileştirdiğini, ancak %20 HAY içeren rasyonların performans ve et kalitesi parametreleri bakımından daha belirgin olumlu etkiler sağladığını göstermiştir. Bu grupta karkas randımanı ve kaslılık indeksleri artarken, abdominal yağ oranında azalma ve etin protein içeriğinde yükselme saptanmıştır. Ayrıca, HAY ilavesinin özellikle %20 düzeyinde karaciğer

vitamin A ve karoten düzeylerini artırarak antioksidan kapasite ve metabolik aktiviteyi desteklediği rapor edilmiştir. Araştırmacılar, HAY'in etlik piliç rasyonlarında özellikle %20 düzeyinde kullanıldığında, performans ve et kalitesini iyileştiren fonksiyonel bir yem bileşeni olarak değerlendirilebileceğini ifade etmişlerdir.

Atturi vd. (2020), tarafından yürütülen çalışmada, hidroponik mısır yeminin (HMY) etlik piliç rasyonlarına ilavesinin büyüme performansı, yemden yararlanma oranı ve üretim maliyetleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Çalışma bir günlük civcivlerle başlatılmış olsa da HMY verilmesi 21 günden itibaren olmuş ve çalışma 42 gün sürmüştür. Denemede, kontrol grubu yalnızca bazal yemle beslenirken, deneme grubunda bazal yeme hayvan başına günlük 50 g HMY ilave edilmiştir. Bulgular, HMY ilavesinin canlı ağırlık artışını anlamlı düzeyde değiştirmedeğini; buna karşın toplam yem tüketimini azalttığını ve yemden yararlanma oranını iyileştirdiğini göstermiştir. Ekonomik analizler, HMY kullanılan grupta yem maliyetlerinin azaldığını ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, HMY'nin etlik piliç beslemede büyüme performansını olumsuz etkilemeden yem verimliliğini artıran tamamlayıcı bir yem kaynağı olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir.

Ali vd. (2019), hidroponik buğday yeminin (HBY) hindilerde büyüme performansı, yemden yararlanma ve ekonomik verimlilik üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada kontrol grubuna %100 ticari yem verilirken, deneme rasyonlarında ticari yem %5, %10, %15 ve %20 oranlarında HBY ile değiştirilmiştir. Hindilere ilk 8 hafta normal ticari yem verilmiştir hayvanların yeşil yemi alması ise 8 haftalık yaştan sonra başlatılmıştır. Kimyasal analiz sonuçları, hidroponik çimlendirme işleminin buğdayın ham protein içeriğini artırdığını; buna karşılık kuru madde ve azotsuz öz madde düzeylerinde azalmaya yol açtığını göstermiştir. Günlük kuru madde tüketimi bakımından gruplar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. Performans parametreleri değerlendirildiğinde, canlı ağırlık ve canlı ağırlık artışı değerlerinin %5, %10 ve %15 düzeylerinde HBY içeren rasyonlarda kontrol grubuna benzer olduğu, buna karşın %20 düzeyinde HBY içeren rasyonların canlı ağırlık ve canlı ağırlık artışını olumsuz etkilediği bildirilmiştir. Yemden yararlanma oranı açısından en iyi sonuçların %5 HBY içeren rasyonlarda elde edildiği rapor edilmiştir. Ekonomik analizler, HBY'nin ticari yemin yerine kullanımıyla yem maliyetinin azaldığını ve net gelirin arttığını göstermiş; araştırmacılar HBY'nin hindilerde %15 düzeyine kadar güvenle kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

Alinaitwe vd. (2019), hidroponik arpa yeminin (HAY) 1 günlük Kuroiler etlik tavuk rasyonlarında kullanımının büyüme performansı ve ekonomik uygulanabilirlik üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Hayvanlar 3 haftalık olduktan sonra, bir kontrol grubu 3100 kcal/kg ME ve %21 HP içeren bazal başlangıç yemi, büyüme döneminde ise 3200 kcal/kg ME ve %18 HP içeren bitirme yemi ile beslenmiştir. Deneme gruplarında ise bazal yeme %25, %50 ve %75 oranlarında HAY ilave edilmiş ve bir grupta rasyon tamamen HAY oluşturulmuştur. Çimlenme sürecinin ham protein, selüloz ve mineral içeriğini artırırken karbonhidrat oranını azalttığı bildirilmiştir. Besleme denemesi sonuçlarına göre, bazal yemle birlikte %20–25 düzeylerinde HAY içeren rasyonların, canlı ağırlık artışı ve nihai canlı ağırlık bakımından en uygun sonuçları sağladığı; bu düzeylerde en yüksek nihai canlı ağırlık değerlerinin elde edildiği rapor edilmiştir. Buna karşılık, HAY'nin yüksek oranlarda veya tek başına kullanımının, düşük enerji yoğunluğu ve yüksek selüloz içeriği nedeniyle büyüme performansını sınırladığı belirtilmiştir. Ekonomik değerlendirmeler ise, HAY'nin rasyona %75 düzeyinde katıldığı uygulamalarda yem maliyetlerinin azaldığını ve kârlılığın arttığını göstermiştir.. Araştırmacılar bu bulgular doğrultusunda, HAY'nin etlik tavuk rasyonlarında tam yem yerine değil, bazal rasyonları tamamlayıcı kısmi bir yem bileşeni olarak değerlendirilmesinin daha uygun olacağını ifade etmişlerdir.

2.3. Kanatlı Rasyonlarında Arpa Kullanımının Performans Üzerindeki Etkileri

Abd ve Hammod (2025), broyler rasyonlarında mısırın %50 oranında farklı işleme formlarındaki arpa ile değiştirilmesi durumunda ortaya çıkan fizyolojik ve biyokimyasal yanıtları incelemişlerdir. Çalışma, 1 günlük yaşta Ross 308 etlik civcivlerle başlatılmış ve 35 gün süreyle yürütülmüştür. Denemede mısır, ayrı muamele gruplarında sırasıyla işlemsiz (kuru) arpa, suda ıslatılmış arpa, enzim ilaveli arpa ve suda ıslatılmış + enzim ilaveli arpa ile değiştirilmiş; böylece arpanın işleme şeklinin etkileri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçları, mısırın işlemsiz arpa ile değiştirilmesi durumunda, arpanın yüksek β -glukan içeriğine bağlı olarak sindirim kanalında viskozitenin arttığını ve bunun bağışıklıkla ilişkili bazı göstergeleri olumsuz etkileyebileceğini göstermiştir. Buna karşılık, suda ıslatılmış ve özellikle enzim ilaveli arpa formlarıyla yapılan değişim, β -glukanın viskozite artırıcı etkisini azaltmış; serum toplam protein ve globulin düzeylerinde artış ile kolesterol düzeylerinde düşüş gibi daha olumlu biyokimyasal yanıtlar sağlamıştır. Bu çalışma, broyler rasyonlarında mısırın arpa ile değiştirilmesi sürecinde, kullanılan arpa formunun değiştirme oranı kadar belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır. Islatma ve enzim uygulamaları, arpanın antinutrisyonel

etkilerini baskılayarak besin maddesi biyoyararlanımını artırmakta ve bu iyileşmeler fizyolojik parametrelere yansımaktadır. Dolayısıyla arpa, uygun işleme stratejileriyle birlikte değerlendirildiğinde, mısır yerine besleme açısından daha dengeli ve uygulanabilir bir alternatif hâline gelebilmektedir.

Itani vd. (2025), arpa bazlı pelet broyler rasyonlarında besleme rejimi (serbest ve aralıklı besleme arpanın öğütme derecesi (ince ve kaba) ve endo- β -glukanaz ve ksilanaz içeren nişasta dışı polisakkaritleri (NSP) parçalayıcı enzim ilavesinin büyüme performansı ve sindirim sistemi özellikleri üzerindeki etkileşimli etkilerini incelemiştir. Çalışma, 1 günlük yaşta Ross 308 erkek broyler civcivlerle başlatılmış, deneme muameleleri 11. günden itibaren uygulanmıştır ve $2 \times 2 \times 2$ faktöriyel deneme desenine göre planlanmıştır. Bulgular, arpa bazlı rasyonlarda sindirim etkinliğinin yalnızca enzim ilavesine bağlı olmadığını; yem fiziksel yapısı ve besleme stratejisinin belirleyici rol oynadığını göstermiştir. Özellikle ince öğütülmüş arpa ile birlikte NSP-parçalayıcı enzim kullanımı, jejunum (orta bağırsak) içeriği viskozitesini azaltarak besin maddesi sindirilebilirliğini ve büyüme performansını iyileştirmiştir. Aralıklı besleme rejiminin taşlık fonksiyonunu destekleyerek sindirim süresini uzattığı, kaba öğütmenin ise taşlık gelişimini teşvik etmekle birlikte enzim desteği olmaksızın performans katkısının sınırlı kaldığı bildirilmiştir. Genel olarak çalışma, arpa kaynaklı NSP'lerin olumsuz etkilerinin bütüncül besleme stratejileriyle daha etkin biçimde yönetilebileceğini ortaya koymaktadır.

Afifian Tehrani vd. (2024), broyler rasyonlarında mısırın arpa ile değiştirilmesinin ve arpa bazlı rasyonlara β -glukanaz, ksilanaz, selülaz, proteaz ve fitaz içeren çok bileşenli bir enzim karışımı ilavesinin büyüme performansı ve bağırsak fonksiyonu üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışma, 1 günlük yaşta broyler civcivlerle başlatılmış ve 42 gün süreyle yürütülmüştür. Civcivler denemenin başından itibaren ilgili muamele rasyonlarıyla beslenmiş; dolayısıyla arpa bazlı rasyonlar ve enzim uygulamaları 1. günden itibaren hayvanlara uygulanmıştır. Deneme kapsamında üç muamele grubu oluşturulmuştur: mısır bazlı kontrol rasyonu, arpa bazlı rasyon ve arpa bazlı rasyon + enzim karışımı. Arpa bazlı rasyonun, özellikle içerdiği nişasta dışı polisakkaritler (NSP; β -glukan) nedeniyle canlı ağırlık artışı ve yem tüketimini azalttığı; buna karşın enzim ilavesinin bu olumsuzluğu kısmen telafi ederek yemden yararlanma oranını mısır kontrol grubuna benzer düzeye taşıdığı bildirilmiştir. Bağırsak histomorfolojisine ilişkin bulgular, arpa bazlı rasyonun jejunum (orta bağırsak) villus uzunluğunu azalttığını ve kript derinliğini artırdığını, buna bağlı olarak absorpsiyon yüzeyinin daraldığını göstermiştir. Enzim

ilavesi ise villus/kript oranını ve absorptif yüzey alanını iyileştirerek bağırsak fonksiyonunun yeniden desteklenmesine katkı sağlamıştır. Ayrıca, arpa bazlı beslemenin bağırsakla ilişkili bazı immün yanıt göstergelerini (örneğin TLR2 ekspresyonu) baskılayabildiği; enzim desteğinin bu etkiyi kısmen dengelediği rapor edilmiştir. Genel olarak çalışma, arpa bazlı rasyonların erken yaştan itibaren uygulanması durumunda, NSP ve β -glukan kaynaklı sindirimsel sınırlamaların performans ve bağırsak yapısı üzerinde olumsuz etkilere yol açabileceğini; buna karşılık uygun enzim stratejileriyle bu olumsuzlukların önemli ölçüde azaltılabileceğini ortaya koymaktadır.

Perera vd. (2023), 21 gün süreyle yürütülen bir denemede, arpa bazlı broiler başlangıç dönemi rasyonlarında öğütülmüş arpanın kısmen tam dane arpa ile (0.141 ve 282 g/kg) değiştirilmesinin ve her grupta iki farklı karbonhidrataz enzim ilavesinin (0 ve 0.15 g/kg yem) performans, besin maddesi sindirilebilirliği ve enerji kullanımı üzerine etkilerini incelemişlerdir. Bulgular, tam dane arpanın 141 ve 282 g/kg düzeylerinde kullanımının büyüme performansını olumsuz etkilemediğini; buna karşılık nişasta sindirilebilirliği gelişmiş, enzim ilavesi jejunal digesta viskozitesini azaltmış ve enerji kullanımını iyileştirmiştir. Ancak performans üzerindeki etkisi sınırlı kalmıştır. Çalışma, tam dane arpanın arpa bazlı başlangıç dönemi rasyonlarında uygun düzeylerde güvenle kullanılabileceğini ortaya koymuştur.

Viliene vd. (2022), 1 günlük yaşta denemeye alınan 800 adet erkek Ross 308 etlik piliç ile yürüttükleri ve 35 gün süren çalışmalarında, peletlenmiş rasyonlara yaşa bağlı olarak artan oranlarda tüm dane arpa ilavesinin (başlangıç–büyütme–bitirme dönemlerinde sırasıyla %4–8–15, %6–12–20 ve %8–16–25) büyüme performansı, karkas özellikleri ve sindirim sistemi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Denemede kullanılan pelet rasyonlar sırasıyla başlangıç döneminde başlangıç (ME: 3083 kcal/kg; HP: %21.8), büyüme (ME: 3179 kcal/kg; HP: %18.5) ve bitirme (ME: 3179 kcal/kg; HP: %18.4) olacak şekilde formüle edilmiştir. Araştırmacılar, tüm dane arpanın %25 düzeyine kadar kullanımının bitirme döneminde canlı ağırlık ve günlük canlı ağırlık artışı üzerinde anlamlı bir etki oluşturmadığını, buna karşılık orta ve yüksek düzeylerde (%20–25) yemden yararlanma oranının olumsuz yönde etkilendiğini bildirmişlerdir. Karkas randımanı bakımından gruplar arasında anlamlı bir farklılık saptanmazken, tüm dane arpa içeren rasyonlarda taşlık ağırlığının arttığı ve ileum içeriği viskozitesinin özellikle orta ve yüksek düzeylerde (%20–25) azaldığı rapor edilmiştir.

Hosseini vd. (2022), yumurtacı tavuklarda rasyona ısılatılmış kavuzlu arpa (İKA) ilavesinin performans (0.170 g/kg), yumurta kompozisyonu ve bazı fizyolojik yanıtlar üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışma, 53 haftalık Hy-Line W-36 yumurtacı tavuklarla 9 hafta süreyle yürütülmüş olup, İKA'nın ekstrüde keten tohumu ile birlikte veya tek başına kullanıldığı rasyonların, yumurta verimi ve temel performans parametreleri üzerinde olumsuz bir etki oluşturmadığı belirlenmiştir. Buna karşılık İKA içeren rasyonların özellikle yumurta sarısında omega 3 yağ asidi içeriğini artırdığı ve bazı antioksidan savunma göstergelerini olumlu yönde etkilediği rapor edilmiştir. Araştırmacılar, elde edilen bu sonuçları arpanın suda ısılatılmasıyla çözünür β -glukanların sindirim sistemi üzerindeki viskozite artırıcı etkisinin kısmen azaltılmasına ve buna bağlı olarak besin maddelerinin biyoyararlanımının iyileştirilmesine bağlamışlardır. Bulgular genel olarak, ısılatılmış kavuzlu arpanın (İKA) yumurtacı tavuk rasyonlarında yalnızca alternatif bir enerji kaynağı olarak değil, aynı zamanda fonksiyonel yem stratejilerini destekleyici bir bileşen olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir.

Chen vd. (2021) tarafından yürütülen çalışmada, yumurtacı ördeklerde rasyona farklı düzeylerde arpa (%0, 15, 30, 45 ve 60) ilavesi ile β -1,3-1,4-glukanaz enzimi (1.5 g/kg; 15.000 U/kg) kullanımının üretim performansı, yumurta kalitesi ve sindirim fonksiyonları üzerine etkileri 5×2 faktöriyel deneme düzeninde değerlendirilmiştir. Denemede kullanılan rasyonlar ME ve HP düzeyine sahip olacak şekilde (ME: 2500 kcal/kg; HP: %17–18) formüle edilmiştir. Araştırma, 42 haftalık yaşta 960 Shaoxing yumurtacı ördekle 120 gün süreyle yürütülmüş; yumurta verimi, yemden yararlanma ve sindirim fizyolojisine ilişkin çok sayıda parametre incelenmiştir. Bulgular, enzim ilavesi olmaksızın arpa düzeyinin artmasının yumurta verimini sınırlayabildiğini; buna karşılık β -glukanaz ilavesinin yumurta verimini yaklaşık %10 oranında artırarak yemden yararlanma oranını belirgin biçimde iyileştirdiğini ortaya koymuştur. Nonlineer regresyon analizleri, enzimsiz rasyonlarda optimum arpa düzeyinin yaklaşık %13–14, enzim ilavesiyle ise optimum yumurta veriminin %15 civarında iyileştiğini göstermiştir. β -glukanaz uygulamasının, duodenumda β -glukan miktarını ve sindirim içeriği viskozitesini azalttığı; buna bağlı olarak sindirim enzimlerinin etkinliğini artırdığı belirlenmiştir. Yumurta kalite özelliklerinin büyük ölçüde etkilenmediği; ancak arpa düzeyinin artmasıyla yumurta sarısı renginin azaldığı rapor edilmiştir. Araştırmacılar, arpanın içerdiği β -glukanın sindirim viskozitesi yoluyla performansı sınırladığını; uygun enzim stratejileriyle bu antinutrisyonel etkinin önemli ölçüde baskılanabileceğini vurgulamışlardır.

Teymouri vd. (2018), bitirme dönemi broyler rasyonlarında kavuzsuz arpanın (KA) mısır yerine farklı düzeylerde (%0, %25, %50, %75 ve %100) kullanılmasının ve buna β -glukanaz, ksilanaz ve selüloz içeren NSP-parçalayıcı enzim karışımı (0.5 g/kg) ilavesinin performans, sindirim sistemi özellikleri ve bazı fizyolojik parametreler üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Denemede kullanılan rasyonların metabolik enerji ve ham protein içerikleri (ME: 3200 kcal/kg; HP: %19.5)' dir. Çalışma, 24 günlük yaşta denemeye alınan Ross 308 erkek etlik piliçlerle yürütülmüş ve 25–39. günler arasında toplam 15 gün sürmüştür. Bulgular, KA'nın mısırın %75'ine kadar yerine kullanımının canlı ağırlık artışı, yem tüketimi ve yemden yararlanma oranı üzerinde olumsuz bir etki oluşturmadığını; buna karşılık %100 mısır yerine kullanıldığında büyüme performansının azaldığını ve yemden yararlanmanın bozulduğunu göstermiştir. Artan KA düzeyleriyle birlikte ileal sindirim içeriği viskozitesinin ve gastrointestinal organların ağırlıklarının arttığı, jejunum (orta bağırsak) villuslarının ise daha kısa ve kalın bir yapı sergilediği belirlenmiştir. Ancak rasyona enzim karışımı ilavesinin, β -glukan kaynaklı viskozite artışını azaltarak bu olumsuz etkileri büyük ölçüde hafiflettiği rapor edilmiştir. Ayrıca yüksek KA içeren rasyonların serum trigliserit ve kolesterol düzeylerini düşürdüğü, bu etkinin arpanın çözünür selüloz fraksiyonlarıyla ilişkili olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar, elde edilen sonuçlar doğrultusunda KA'nın, uygun düzey ve enzim desteği sağlandığında, broyler bitirme dönemi rasyonlarında mısıra alternatif bir tahıl kaynağı olarak değerlendirilebileceğini ifade etmişlerdir.

Dahloum vd. (2017), 1 günlük yaşta denemeye alınan etlik piliçlerle yürüttükleri ve 8 hafta (56 gün) süren çalışmalarında, etlik piliç rasyonlarında mısırın yerel olarak yetiştirilen tam dane arpa ile farklı oranlarda (%0, %25, %50, %75 ve %100) değiştirilmesinin büyüme performansı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Denemede kullanılan rasyonların metabolik enerji ve ham protein içerikleri yaklaşık (ME: 3293–3515 kcal/kg; HP: %20.28–23.13)'dür. Denemede performans değerlendirmeleri 180 piliç üzerinden yapılmış ve hayvanlar üç tekerrürlü olarak yetiştirilmiştir. Bulgular, %25 ve %50 düzeylerinde arpa içeren rasyonlarla beslenen gruplarda canlı ağırlık artışı ve yemden yararlanma oranlarının kontrol grubuna benzer olduğunu; buna karşılık %75 ve özellikle %100 arpa içeren rasyonlarda büyüme performansının belirgin şekilde azaldığını göstermiştir. Arpa düzeyinin artmasıyla birlikte özellikle erken dönemde yemden yararlanma oranının olumsuz etkilendiği, ancak ilerleyen yaşlarda bu farkın kısmen azaldığı rapor edilmiştir. Araştırmacılar, yüksek arpa düzeylerinde gözlenen performans düşüşünü, arpanın içerdiği çözünür nişasta dışı polisakkaritlerin (özellikle β -glukanların) sindirim kanalında viskoziteyi artırarak besin maddelerinin sindirimi ve enerji kullanımını

sınırlamasına bağlamışlardır. Çalışma genel olarak, tam dane arpanın etlik piliç rasyonlarında %50 düzeye kadar mısır yerine kullanılabileceğini, ancak daha yüksek oranların performans açısından risk oluşturabileceğini ortaya koymuştur.

Sharifi vd. (2012), broyler rasyonlarına kavuzsuz arpanın %0, %10, %20 ve %30 düzeylerinde ilave edilmesinin ve buna β -glukanaz ile ksilanaz içeren enzim uygulamasının (0, 300 ve 600 g/ton) büyüme performansı, metabolik enerji kullanımı ve besin maddesi sindirilebilirliği üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışma, Arbor Acres genotipinde erkek broyler civcivlerle yürütülmüş olup 49 gün sürmüştür; deneme başlangıç (0–21 gün), büyütme (22–35 gün) ve bitirme (36–49 gün) dönemlerini kapsayacak şekilde planlanmıştır. Denemede kullanılan başlangıç büyütme ve bitirme rasyonlarının metabolik enerji ve ham protein içerikleri sırasıyla (ME: 2950 kcal/kg; HP: %21.2, ME: 2950 kcal/kg %18.5 ve ME: 2950 kcal/kg %16.6)'dır. Bulgular, kavuzsuz arpanın rasyona %20 ve özellikle %30 düzeylerinde dahil edilmesiyle büyüme performansı ve yemden yararlanma oranı üzerinde baskı oluşabildiğini; buna karşılık enzim ilavesinin, arpanın içerdiği çözünür nişasta dışı polisakkaritlerin (özellikle β -glukanların) sindirim kanalında yol açtığı olumsuz etkileri azaltarak metabolik enerji kullanımı ve sindirilebilirlik değerlerini iyileştirdiğini göstermiştir. Araştırmacılar, bu iyileştirici etkinin enzim uygulamasıyla sindirim içeriği viskozitesinin düşürülmesi ve besin maddelerinin biyoyararlanımının artırılması ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma genel olarak, kavuzsuz arpanın broyler rasyonlarında düşük ve orta düzeylerde (%10–20) enzim desteğiyle kullanılabileceğini, ancak %30 düzeyinin performans açısından dikkatle değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma, Harran Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'nun 2023/007/11 sayılı kararı ile onaylanmış. Araştırma, Harran Üniversitesi Eyyübiye Kampüsü'ndeki Kanatlı Hayvan Ünitesi'nde yürütülmüştür.

3.1. Gereç

3.1.1. Hayvan Materyali

Bu çalışmaya, iki haftalık yaşta toplam 180 adet Amerikan Bronz hindi palazı ile başlanmıştır.

3.1.2. Yem Materyali

Çalışmada, tüm deneme gruplarında ortak olarak kullanılan yem rasyonları, hindilerin büyüme dönemlerine uygun şekilde hindi palazı başlangıç, büyütme ve bitirme yemleri ile arpanın farklı formlarından (arpa merası otu, hidroponik arpa ve ıslatılmış dane arpa) oluşturulmuştur. Kullanılan bu başlangıç, büyütme ve bitirme yemleri, hayvanların besin gereksinimlerinin National Research Council (NRC, 1994) tarafından bildirilen değerler doğrultusunda karşılanmasını sağlayacak şekilde düzenlenmiş karmalardan oluşmuştur. Çalışmada yem materyali olarak kullanılan arpa merası otu, hidroponik arpa ve ıslatılmış dane arpanın ham besin madde içerikleri Çizelge 3.1'de, kullanılan başlangıç, büyütme ve bitirme yemlerinin içeriklerine ait kimyasal besin madde kompozisyonları ise Çizelge 3.2'de sunulmuştur.

Çizelge 3.1. Arpa merası otu, hidroponik arpa ve ıslatılmış dane arpanın besin madde içerikleri (KM %)

İçerikler, (%)	Arpa Merası Otu	Hidroponik Arpa	Islatılmış Dane Arpa
Kuru madde	89.9	92.40	90.6
Ham protein	18.6	15.62	9.6
Ham selüloz	12.2	11.4	5.2
Ham yağ	4.6	3.6	3.8
Ham kül	11.6	10.36	5.6
NÖM*	42.9	51.4	66.1
ME (kcal/kg)	2584.3	2693.9	3009.9

*Azotsuz Öz maddeler, ME = metabolik enerji

Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan başlangıç, büyütme ve bitirme yemlerinin içerikleri ve kimyasal besin madde kompozisyonları (KM, %)

İçindekiler, %	¹ Başlangıç (2-8. Hafta)	² Büyütme (8-16. Hafta)	³ Bitirme (16-22. Hafta)
Mısır	48.4	59.38	60.84
Soya Fasulyesi küspesi	46.4	35.98	27.76
Buğday	0.0	0.0	7.5
Bitkisel yağ	1.6	1.43	1.88
DL-Methionin	0.053	0.05	0.05
L-Lizin	0.005	0.08	0.0
Mermer tozu	1.01	0.98	0.09
Tuz	0.29	0.21	0.14
Dikalsiyum-Fosfat	1.99	1.64	1.49
Vitamin-Mineral Karması	0.25	0.25	0.25
Toplam	100	100	100
Hesaplanan Analiz, %			
Kuru madde	89.32	89.49	89.39
Ham Protein	24.56	21.04	18.4
Kalsiyum	1.02	0.88	0.8
Kullanılabilir Fosfor	0.48	0.41	0.38
Na	0.13	0.1	0.57
Cl	0.22	0.17	0.88
Metiyonin + sistein	0.82	0.73	0.66
Lizin	1.38	1.19	0.93
Treonin	0.94	0.79	0.68
Triptofan	0.37	0.3	0.25
Linoleik asit	1.88	1.99	1.76
Ham yağ	3.16	3.26	2.89
Ham kül	7.03	6.02	6.58
Ham selüloz	4.31	3.84	3.49
Nişasta	34.24	40.82	45.45
Şeker	4.73	4.14	3.71
ME (kcal/kg)	2806.19	2941.21	2937.99

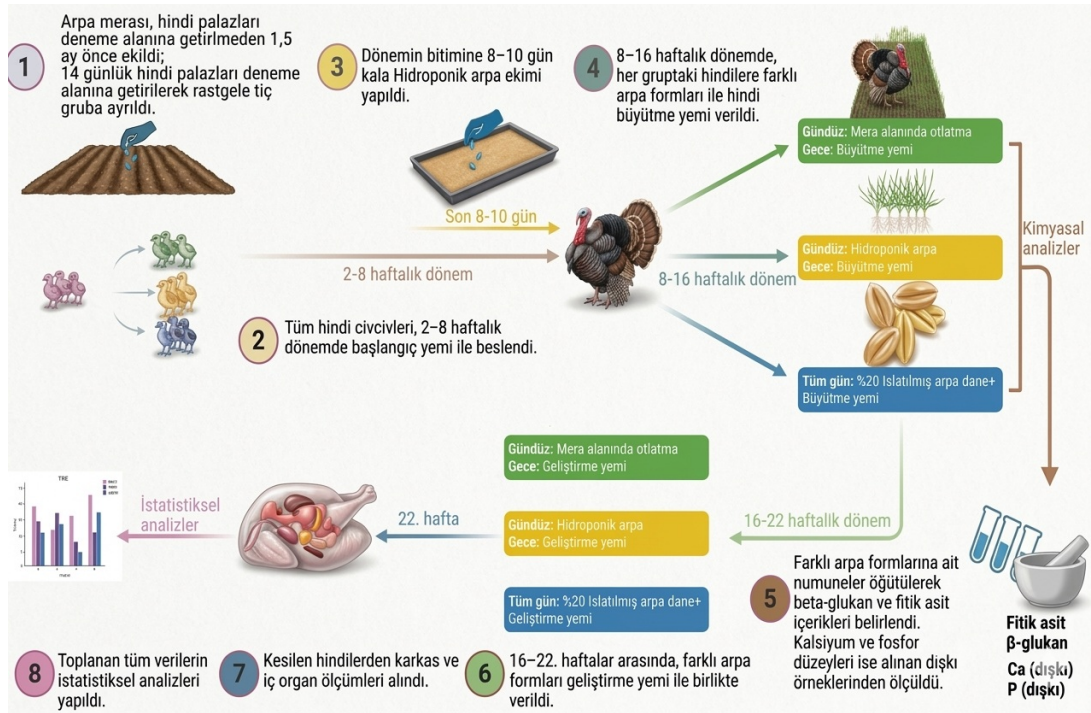
ME = metabolik enerji. ¹Başlangıç yemi için kullanılan premiks, her 1 kilogram yemde 15.0 IU A vitamini, 3.30 IU D₃ vitamini, 25 IU E vitamini, 0.13 mg kobalt, 15.01 mg bakır, 0.50 mg iyot, 217.48 mg demir, 129.23 mg manganez, 0.38 mg selenyum ve 118.28 mg çinko sağlamaktadır. ²Büyütme yemi için kullanılan premiks her 1 kilogram yemde 15.0 IU A vitamini, 3.30 IU D₃ vitamini, 25 IU E vitamini, 0.13 mg kobalt, 15.01 mg bakır, 0.50 mg iyot, 217.48 mg demir, 129.23 mg manganez, 0.38 mg selenyum ve 118.28 mg çinko sağlamaktadır. ³Bitirme yemi için kullanılan premiks, her 1 kilogram yemde 97.10 IU A vitamini, 21.36 IU D₃ vitamini, 161.83 IU E vitamini, 0.81 mg kobalt, 46.96 mg bakır, 3.24 mg iyot, 450.51 mg demir, 671.32 mg manganez, 1.39 mg selenyum ve 522.90 mg çinko sağlamaktadır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Deneme Planı, Hayvanların Bakım ve Beslenmesi

Deneme, üç farklı besleme grubundan oluşacak şekilde tasarlanmıştır: (1) yarı ekstansif sistemde arpa merası ile beslenen grup, (2) hidroponik arpa ile desteklenen grup ve (3) ıslatılmış dane arpa ile desteklenen grup. Deneme sürecine ait besleme dönemleri, uygulanan farklı arpa formları ve ölçüm aşamaları Şekil 3.1’de şematik olarak sunulmuştur.

Havanın uygun sıcaklık aralığında olmaması (16–20 °C) nedeniyle iki haftalık yaşta hindi palazları başlangıçta kafeslere alınmamış; bunun yerine sıcaklığı 33 °C’ye ayarlanmış kontrollü odalara yerleştirilmiştir. Palazlar, bu aşamada bireysel olarak tartılmış ve her grup için ayrılan arpa merası, hidroponik arpa ve ıslatılmış dane arpa gruplarına rastgele dağıtılmıştır (185.24 ± 28.61). Kontrollü odalarda yürütülen bu ilk dönemde gruplamanın bu aşamada da uygulanması nedeniyle denemenin başlangıcı olarak kabul edilmiştir.



Şekil 3.1. Deneyel tasarımın ve uygulama sürecinin grafik özeti

Hindi palazları, 3 adet her grup için ayrı kontrollü odalarda 10 gün süreyle barındırılmış ve bu süre boyunca başlangıç yemi (ME: 2806.16 kcal/kg; HP: %24.56) ile beslenmişlerdir. Bu sürenin sonunda, palazlar benzer canlı ağırlık ortalaması ($\sim 280.8 \pm 40.8$ g) sağlanacak şekilde üç tekerrürlü olarak dağıtılmış; her tekerrürde

20 hayvan kullanılmıştır. Böylece her grupta 60 hayvan olmak üzere çalışmada toplam 180 hindi palazı yer almıştır. Kafeslerde barındırma aşamasında, her biri 10 m² alan ve 180 cm yüksekliğe sahip, zemini odun talaşı ile kaplanmış demir kafesler kullanılmıştır (Şekil 3.2). Hijyen amacıyla kafes girişlerine kireç serilmiş ve bu uygulama ile giriş-çıkışlarda mikroorganizma taşınımının azaltılması hedeflenmiştir. Çalışmanın ilk 10 günü boyunca kontrollü odalarda barındırılan hindi palazları için yuvarlak tabak veya tepsi şeklinde plastik yemlikler ile manuel suluklar kullanılmış; demir kafeslere aktarıldıkları dönemde ise yüksekliği ayarlanabilir, üstten dolum yapılan plastik askılı yemlikler ve otomatik suluklar tercih edilmiştir. Kafeslerde sıcaklık kontrolünün sağlanması amacıyla başlangıçta havalar serin olduğu toplam dört adet ayaklı elektrikli ısıtıcı kullanılmıştır. Isıtıcılar, kafes alanında homojen bir sıcaklık dağılımı sağlamak üzere uygun noktalara yerleştirilmiş ve deneme süresince düzenli aralıklarla kontrol edilmiştir. Isı kaybını önlemek amacıyla kafeslerin çevresi ve üst kısımları naylon örtü materyali ile kaplanmış (Şekil 3.2). Aydınlatma ampuller aracılığıyla sağlanmıştır. Deneme süresince ölçülü şekilde yem verilmiş, su ise serbest olarak sunulmuştur.



Şekil 3.2. Deneme süresince kullanılan kafeslerden bir görünüm

Çalışmanın başlangıcında, hindi palazlarının yeterli büyüklüğe ulaşmamış olması nedeniyle ayak numarası takılmamış ve cinsiyet ayrımı yapılmamıştır. Palazlarda cinsiyet tayininin zor olması ve ibik gelişiminin henüz tamamlanmamış olması nedeniyle, deneme gruplarına dağıtımda cinsiyet faktörü dikkate alınamamıştır. Bununla birlikte, bazı cinsiyet özelliklerinin 2–3 haftalık yaşta morfolojik olarak belirginleşmeye başladığı göz önünde bulundurularak, haftalık olarak gerçekleştirilen tartımlarda palazlarda gaga üstü ibik çıkıntısı ve gaga altı gerdan oluşumu gibi morfolojik göstergelere dayalı gözlemler yapılmıştır (Şekil 3.3).

Dişi civcivlerde bu yapıların bu yaş döneminde belirgin olmadığı görülmüştür. Bu gözlemler, yalnızca ön cinsiyet ayırımına yönelik değerlendirme amacıyla kullanılmıştır. Hindiler 42 günlük yaşa ulaştığında ise cinsiyetleri morfolojik özellikler esas alınarak yüksek doğrulukla belirlenmiş ve nihai kayıtlar bu dönemde oluşturulmuştur.



Şekil 3.3. Üç haftalık erkek hindi palazında morfolojik cinsiyet göstergeleri

Deneme süresince hindiler günde en az üç kez düzenli olarak kontrol edilmiştir. Bu kontroller sırasında kümes içi çevre koşulları izlenmiş; sıcaklık ve bağıl nem düzeyleri ölçülerek kayıt altına alınmıştır. Palaz döneminde ortam sıcaklığı yaklaşık 24–26 °C, bağıl nem ise %45, yetişkin dönemde ihtiyaçları olan sıcaklık aralığı 18–22 °C olmasına rağmen, çevresel sıcaklığın 34 °C'ye kadar yükselmesi nedeniyle kümes içi ortam, vantilatörler aracılığıyla serinletilmeye çalışılmıştır; bu dönemde bağıl nem %27 olarak kaydedilmiştir. Ayrıca yemlik ve sulukların temizlik ve doluluk durumları düzenli olarak kontrol edilmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Entansif yetiştirme sisteminde palaz (sol) ve yetişkin (sağ) hindilerin genel görünümü

Hayvanların genel sağlık durumları düzenli olarak gözlemlenmiş; grupların farklı muamelelere adaptasyonunu değerlendirebilmek amacıyla olası davranışsal farklılıklar ve stres belirtileri kayıt altına alınmıştır. Bu kapsamda, gözlemler

sırasında gagalama, sürü içi fiziksel çatışma davranışları, kümelenme, yüksek sesle ötme ve tüy kabartma gibi davranışsal tepkiler değerlendirilmiştir. Özellikle denemenin 7. haftasında, çoğunlukla erkek ve iri cüsseli hindilerin daha küçük cüsseli bireylerin baş-boyun bölgesine yönelik gagalama davranışları sergilediği gözlenmiştir (Şekil 3.5). Bu durum, bireyler arası sosyal hiyerarşinin belirginleşmesiyle ilişkilendirilmiştir. Hayvan refahını korumak amacıyla, gerekli görülen durumlarda ilgili bireyler geçici olarak ayrılmıştır.



Şekil 3.5. Baş bölgesinde gagalama davranışı gözlenen hindiye ait görünüm

Deneme süresince her bir grupta meydana gelen ölümler günlük olarak kontrol edilmiştir ve elde edilen veriler değerlendirme aşamasında kullanılmak üzere düzenli kayıtlar halinde tutulmuştur.

Hindi palazları işletmeye aşılı olarak getirilmiş olsa da, 40. günde içme suyuna İnfeksiyöz Bronşit ve Newcastle hastalıklarına karşı aşı uygulanmıştır. 79. günde ise boyun bölgesinden enjeksiyon yoluyla Şişkin Baş Sendromu (SHS), İnfeksiyöz Bronşit, Newcastle ve Egg Drop Syndrome (EDS) etkenlerine karşı inaktif dörtlü karma aşı uygulanmıştır. Hindilerde yaygın olarak görülebilen SHS'ye karşı aşılama uygulamalarının yanı sıra gerekli görülen durumlarda antibakteriyel tedavi ve vitamin destekleri sağlanmıştır. Bu kapsamda solunum yolu enfeksiyonu belirtileri gösteren hindilere 35 günlük yaşta tilmikosin uygulanmış; kanlı ishal vakalarında ise 67 ve 74 günlük yaşlarda sulphamezathine kullanılmıştır. Ayrıca bazı bireylerde bakteriyel enfeksiyon şüphesi üzerine 67 günlük yaşta trimisin ve 132

günlük yaşta florfenikol ile tedavi uygulanmıştır. Deneme süresince hindilere uygulanan aşilar ve vitamin takviyeleri Çizelge 3.3'te ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 3.3. Deneme süresince mera, hidroponik ve dane gruplarına uygulanan ilaç, vitamin ve aşı programı

Hayvanın Yaşı	Uygulandığı Gruplar	İlacın Türü/Adı	Verilen Dozaj	Uygulama Süresi	Uygulama Şekli	İlacın İşlevi
40 Günlük Hindi Palazı	Arpa Merası/Hidroponik Arpa/İslatılmış Dane Arpa	Hipraviar Aşısı	5 lt suyun içerisine 5 cc ilave edildi	1 gün	Suluklardaki sulara ilave edildi	Viral hastalıklara karşı bağışıklık
41 Günlük Hindi Palazı	Arpa Merası/Hidroponik Arpa/İslatılmış Dane Arpa	Depomin Vitamin	50 litrelik ortak suluğa 60 ml eklendi	4 gün boyunca aralıksız verildi	Suluklardaki sulara ilave edildi	Metabolik destek ve stresin azaltılması
53 Günlük Hindi	Arpa Merası/Hidroponik Arpa/İslatılmış Dane Arpa	Depomin Vitamin	50 litrelik ortak suluğa 60 ml eklendi	1 gün	Suluklardaki sulara ilave edildi	Metabolik destek ve stresin azaltılması
72 Günlük Hindiler	Arpa Merası/Hidroponik Arpa/İslatılmış Dane Arpa	Depomin Vitamin	50 litrelik ortak suluğa 60 ml eklendi	1 gün	Suluklardaki sulara ilave edildi	Metabolik destek ve stresin azaltılması
79 Günlük Hindiler	Arpa Merası/Hidroponik Arpa/İslatılmış Dane Arpa	Olvac A+B+Hg Karna Dörtlü Aşı		1 gün	Hindilere boyundan uygulandı	Viral hastalıklara karşı bağışıklık
103 Günlük Hindiler	Arpa Merası/Hidroponik Arpa/İslatılmış Dane Arpa	Levadoks Aşı	50 litrelik ortak suluğa 30 ml eklendi	4 gün boyunca aralıksız verildi	Suluklardaki sulara ilave edildi	Newcastle hastalığına karşı bağışıklık
113 Günlük Hindiler	Arpa Merası/Hidroponik Arpa/İslatılmış Dane Arpa	Hipraviar Aşısı	2 litrelik su şişesine 1 şişe toz aşı eklenmiştir	1 gün	2 litrelik su şişelerine bir şişe aşı karıştırılıp püskürtülmüştür.	Viral hastalıklara karşı bağışıklık

3.2.2. Deneme Gruplarında Kullanılan Arpa Formlarının Hazırlanması

3.2.2.1. Arpa Merası Oluşturma ve Otlatma Yönetimi

Mera tesisi, Harran Üniversitesi Eyyübiye Kampüsü'ne ait tarım arazisi üzerinde yer alan 300 m²'lik bir alanda gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, mera oluşturmaya yönelik olarak öncelikle toprak yüzeyi taş ve yabancı otlardan arındırılmış, ardından traktörle derin sürüm yapılmıştır (Şekil 3.6).

Toprak hazırlığını takiben, bölgenin iklim ve toprak koşulları dikkate alınarak beyaz yerli arpa (*Hordeum vulgare* L.) tohumu tercih edilmiş ve alanın küçük olması nedeniyle yaklaşık 7 kg tohum / 300 m², serpmeye yöntemiyle elle ekim yapılmıştır. Ekim sonrası tohumların toprakla daha iyi temas etmesini ve çimlenmenin düzenli gerçekleşmesini sağlamak amacıyla arazi yüzeyi traktör arkasına takılan tapan ile düzeltilmiştir. Sulama işlemi başlangıçta fiskiye sistemi ile yapılmış, ilerleyen

dönemlerde ise bahar dönemi yağışlarından yararlanılmıştır. Ayrıca, bitki gelişimini desteklemek ve toprak verimliliğini artırmak amacıyla, aynı alana yaklaşık 7 kg kompoze gübre uygulanmıştır. Söz konusu gübre, eşit oranlarda %20 azot (N), %20 fosfor (P_2O_5) ve %20 potasyum (K_2O) içermektedir. Azot, bitkinin yeşil aksam gelişimini, fosfor kök ve generatif gelişimi, potasyum ise stres toleransı ve hastalıklara karşı direnci desteklemektedir. Gübre bileşimi; üre azotu, amonyum fosfat ve potasyum fosfat formlarını içermektedir.



Şekil 3.6. Deneme alanında mera tesisine yönelik toprak hazırlığı

Hindi palazlarının işletmeye temin edileceği tarihten yaklaşık 1.5 ay önce, 20 Şubat 2024 tarihinde ilk arpa ekimi gerçekleştirilmiştir. Arpanın bu dönemde ekilmesinin temel gerekçesi, serin iklim tahılları arasında yer alması ve uzman görüşleri doğrultusunda Şubat ayı ekiminin uygun olduğunun belirtilmesidir.

Nisan ayı itibarıyla, yaklaşık iki haftalık yaşta olan hindi palazları bu dönemde başlatma yemi ile beslenmeye devam ederken, arpa merası ise ekimden yaklaşık bir ay sonra otlatma olgunluğuna ulaşmıştır. Ancak bu dönemde palazların yaşının 24 gün civarında olması nedeniyle, meradan doğrudan yararlanamadıkları gözlemlenmiştir. Palazların ot tüketimine alıştırılması amacıyla, 7 Mayıs 2024 tarihinde (yaklaşık 40 günlük yaşta) arpa merasından biçilen taze otlar yemliklere

sunulmuştur. Bu kapsamda, her bir kafeste bulunan 20 hayvan için yaklaşık 250 g taze arpa otu verilmiştir.

Denemenin ilerleyen dönemlerinde yapılan gözlemler, hindi palazlarının ortalama 8 haftalık yaşa ulaştıklarında merayı etkin biçimde değerlendirebildiklerini ortaya koymuştur. Bu nedenle, ilk ekimle elde edilen mera alanının, palazların yaşları yeterli olmadığı için etkin bir şekilde kullanılamadığı anlaşılmıştır. Nitekim bu döneme kadar yemliklerde sunulan arpa otlarının dahi sınırlı düzeyde tüketildiği gözlemlenmiştir. Bu bulgular doğrultusunda, 7 Mayıs 2024 tarihinde ikinci bir arpa mera alanı tesis edilmiştir. Bu ekimde, çimlenmenin yaklaşık bir hafta içerisinde başladığı ve 20 gün sonunda bitkilerin yaklaşık 20 cm boya ulaştığı belirlenmiştir. Bu gelişim dönemi, palazların tam olarak 8 haftalık yaşa ulaştığı zamana denk gelmiştir.



Şekil 3.7. Merada otlatılan hindilerin genel görünümü

Her bir ekimden elde edilen mera alanı, otlatmaya uygun seviyeye ulaştıktan sonra tel çitlerle çevrilerek üç ayrı bölmeye ayrılmıştır. Ayrıca, mera alanlarının üstü; dış ortamdan gelebilecek hayvanlara karşı koruma sağlamak, hindilerin mera alanı dışına çıkmasını önlemek ve yüksek sıcaklık koşullarında hayvanların güneş ışınlamından korunarak gölgelik bir ortam oluşturulması amacıyla ağ örtülerle kapatılmıştır. Bölmeler 16×7 m (112 m²) olacak şekilde planlanmış ve her bir

bölmeye 20 hindi yerleştirilmiştir. Mera alanı planlamasında, hayvan başına 5 m² otlatma alanı tahsisi esas alınmıştır. Bu hesaplamaya göre, 20 hindi için yaklaşık 100 m² alan yeterli görülmüş olup, 112 m² büyüklüğündeki bölmeler bu açıdan ideal kabul edilmiştir.

Hindiler, 24 Mayıs 2024 tarihinde (yaklaşık 60 günlük yaşta) ilk kez meraya çıkarılmış ve günde yaklaşık 8 saat süreyle otlatılmıştır (Şekil 3.7). Yapılan gözlemler, bu dönemde hindilerin arpa otunu giderek daha etkin biçimde tükettiklerini ve merayı değerlendirebildiklerini göstermiştir. Bu doğrultuda, mera alanına taşınabilir plastik suluklar yerleştirilmiştir. Mera alanlarında erken sararma riskine karşı otlatma sürekliliğinin sağlanması amacıyla, 28 Mayıs 2024 tarihinde üçüncü bir arpa mera alanı daha tesis edilmiştir.

3.2.2.1.1. Merada Tüketilen Ot Miktarının Hesaplanması

Merada hindilerin günlük ot tüketim miktarının belirlenmesi amacıyla, 30×40 cm boyutlarında ve güneş ışığını engellemeyen delikli kasalar, aynı mera alanı içerisinde tel çitlerle birbirinden ayrılmış üç ayrı otlatma bölmesinin orta kısımlarına yerleştirilmiştir. Bu kasalar, otlatmadan korunmuş kontrol alanları oluşturmak üzere konumlandırılmıştır.



Şekil 3.8. Günlük ot tüketimini belirlemede kullanılan ölçüm kasası

Kasa içerisinde kalan ve bir hafta boyunca otlatılmadan gelişen otlar, kafes dışındaki otlatma alanlarında tüketilen otlarla hizalanarak biçilmiş ve miktarları ölçülmüş; elde edilen değer toplam mera alanına oranlanarak, 20 hindinin tükettiği günlük ot miktarı hesaplanmıştır (Şekil 3.8). Ot tüketimine ilişkin ölçümler haftalık periyotlar hâlinde düzenli olarak gerçekleştirilmiş; hesaplanan günlük ot tüketim değerleri kaydedilerek toplam yem tüketimi hesaplamalarına dâhil edilmiştir.

3.2.2.2. Hidroponik Arpa Yemi Üretimi

3.2.2.2.1. Ön Deneme

Hidroponik arpa üretimi için ön deneme ev ortamında gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 1 kg beyaz yerli arpa tohumu kullanılmıştır. Tohumlar öncelikle kir ve yabancı materyallerden arındırılmış, musluk suyu ile yıkanmış ve 24 saat süreyle suda bekletilmiştir. Daha sonra yuvarlak çelik bir tepsiye homojen bir tabaka halinde serilmiştir.

Tepsi, güneş ışığı alan bir odada konumlandırılmış ve çimlenme sürecinin sağlıklı bir şekilde ilerleyebilmesi için odanın kapısı kapatılarak ortam kontrol altına alınmıştır. Günlük olarak 4 kez sulama işlemi gerçekleştirilmiş ve bu sulama işlemleri bir sprey kullanılarak ölçülü bir şekilde yapılmıştır. Burada kastedilen çimlenme, ortamının sürekli nemli olarak kalmasını sağlamak ne tamamen sulu bir ortamda ne de kuru bir ortamda kalmasını engelleyecek bir ölçü standardıdır. Çimlendirmenin 8. gününde arpa tohumlarının tamamen çimlendiği gözlemlenmiş, 1 kg arpa tohumundan 5454 g yeşil ot elde edilmiştir. Süreç boyunca toplam 3 litre su kullanılmıştır (Şekil 3.9.).



Şekil 3.9. Hidroponik arpa üretiminde 3. 5. ve 8. gün görüntüleri

3.2.2.2.2. Çimlendirme Süreci

Hindilerin hidroponik arpa ile beslenmeye başlatıldığı dönemde hidroponik hasıl üretimi, kapalı bir odada, üç metal stant üzerine yerleştirilmiş toplam 27 adet metal tepsi (60×90×2.5 cm) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Beyaz yerli arpa (*Hordeum vulgare* L.) tohumları tepsilere serilmeden önce, musluk suyu ile yıkanmış, suda bekletilmiş ve süzölmüştür. Devam eden dönemlerde ıslatma süresinin kısaltılması ile ilgili denemeler yapılmış ve bu sürenin 5 saate kadar düşebileceği tarafımızca tespit edilmiştir. Her bir tepsiye 900 g tohum serilmiş, tohumlar günde dört kez spray başlıklı bir pülverizatör ile sulanmıştır. Tepsiler yaklaşık %1-2 eğimle yerleştirilerek fazla suyun birikmesi önlenmiştir (Şekil 3.10).

Üretim sürecinde gübre veya kimyasal herhangi bir katkı kullanılmamıştır. Ortam sıcaklığı 22–25 °C, odanın bağıl nemi ise %70–75 arasında tutulmuştur. Aydınlatma, sınırlı gün ışığı ve floresan lamba ile sağlanmıştır. 8. gün sonunda, 10–15 cm boya ulaşan hasıllar köküyle birlikte bütün olarak hasat edilmiştir.

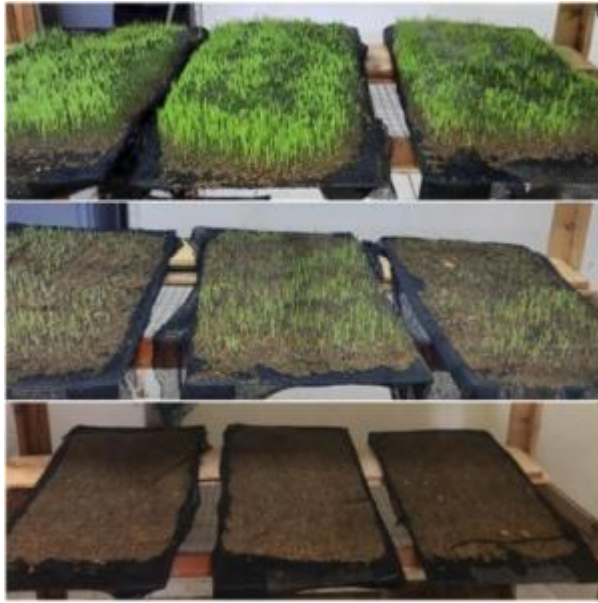


Şekil 3.10. Hidroponik ortamda arpa yetiştirme çalışmaları

Hidroponik arpa üretiminde başlangıçta temin edilen arpa tohumlarının çimlenme performansı oldukça yüksek düzeyde olmuş, ancak bir süre sonra

çimlenme oranlarında belirgin bir azalma gözlemlenmiştir. Yapılan araştırmalar, yeni ve eski mahsul arpa tohumlarının çimlenme performansları arasında farklılıklar olabileceği sonucuna varılmasına yol açmıştır. Bu farklılığın, özellikle yaz aylarında piyasada bulunan arpa tohumlarının dormansiye (uyku) girmesiyle ilişkili olduğu belirlenmiştir. Dormansiye girmeyen tohumlar, çimlenme yeteneklerini kaybederek çimlenme oranlarında düşüşe neden olmaktadır. Bu çalışmamızda elde edilen önemli bir bulgu olup çimlenme de etkin bir başarıyı yakalayabilmek için hasattan sonra en az bir ay soğuk dönem geçirmiş danelerin tercih edilmesinin önemini ortaya koymuştur.

Bu sorunun çözülmesi amacıyla, dormansisi tamamlanmış arpa tohumları arayışına girilmiş ve eski mahsul arpa tohumları kullanılarak çimlenme tekrar sağlanmıştır. Bununla birlikte ilerleyen dönemlerde hava sıcaklıklarının artmasıyla birlikte çimlenme performansında tekrar bir düşüş gözlenmiştir. Şanlıurfa, Türkiye'nin en sıcak illerinden biri olup denemenin yürütüldüğü yaz döneminde çevresel koşulların çimlenme süreci üzerinde etkili olduğu değerlendirilmiştir. Çalışmanın yürütüldüğü Temmuz–Ağustos döneminde ortam sıcaklığı ortalama 38.8 °C, bağıl nem ise ortalama %43.1 olarak ölçülmüştür. Bu yüksek sıcaklık ve nispeten düşük nem koşulları çimlenme sürecinde su kaybını artırarak tohumların yeterli nemi korumasını zorlaştırmış ve çimlenme oranlarında düşüşe neden olmuştur.



Şekil 3.11. Ağ örtülerle korunan hidroponik arpa üretimi

Bu sorunu azaltmak amacıyla çimlenme ortamında bazı düzenlemeler yapılmış ve yeni bir çimlenme odası oluşturularak daha uygun ortam koşulları

sağlanmıştır. Tohumlar tepsilere serildikten sonra yüzeydeki suyun hızlı buharlaşmasını önlemek amacıyla üzerleri bir file ile kapatılmıştır (Şekil 3.11). Çalışmanın ilerleyen aşamalarında, yüksek çevre sıcaklıklarında çimlenme sırasında oluşabilecek su kaybını azaltmak amacıyla hidroponik arpa üretiminde su tutma kapasitesi yüksek ağlarla kaplama yöntemi uygulanmıştır. Yapılan bu düzenlemenin çimlenme ortamındaki nem kaybını sınırladığı ve çimlenme kabiliyetini artırdığı gözlemlenmiştir. Ağ ile kaplama yöntemi, özellikle yüksek sıcaklık koşullarında çimlenme oranlarının iyileştirilmesine katkı sağlayan pratik bir uygulama olarak değerlendirilmiştir.

3.2.2.3. Islatılmış Dane Arpa'nın Hazırlanması

Üçüncü gruptaki hindilere verilmek üzere, arpanın dane formu ıslatma işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlem kapsamında arpa daneleri, kir ve tozdan arındırılmak amacıyla musluk suyunda yıkanmıştır. Daha sonra plastik bir kaba alınmış ve üzerine tamamını kaplayacak miktarda su eklenerek oda sıcaklığında (20–25 °C) 12 saat süreyle bekletilmiştir. Bekletme süresi sonunda yaklaşık %50 oranında su alarak şişen daneler, süzülerek fazla sudan arındırılmış ve herhangi bir ilave işlem uygulanmaksızın doğrudan 3.gruptaki hindilerin aldığı ticari yeme dahil edilmiştir. Bu uygulama, yem tüketimini sınırlamak amacıyla, karma yemlerin ıslatılmış dane yemler ile seyreltilmesi prensibine dayanmaktadır. Amaç, maliyeti yüksek olan karma yem tüketimini azaltarak ekonomik bir hindi besiciliği gerçekleştirmektir.

3.2.3. Deneme Gruplarında Yaş Dönemlerine Göre Uygulanan Rasyonlar

Çalışmada tüm gruplara, 2–8 haftalık yaş döneminde hindi palazı başlangıç yemi (ME: 2806.19 kcal/kg; HP: %24.56) verildiği ifade edilmişti. 8. haftadan itibaren besleme programı deneme gruplarına göre farklılaştırılmıştır.

Yarı ekstansif grupta (arpa merası), hindiler 8–16 haftalık yaş döneminde gündüz saatlerinde merada otlatılmış, akşam saatlerinde ise hindi büyütme yemi (ME: 2941.21 kcal/kg; HP: %21.04) ile beslenmiştir. 16. haftadan 22. haftaya kadar olan dönemde gündüzleri arpa merasında (ME: 2584.3 kcal/kg; HP: %18.6) otlatmaya devam edilmiş, gece saatlerinde hindi bitirme yemi (ME: 2937.99 kcal/kg; HP: %18.40) verilmiştir.

Benzer şekilde, hidroponik arpa takviyeli grupta hindilere 8–16 haftalık yaş döneminde gündüz saatlerinde hidroponik arpa, akşam saatlerinde hindi büyütme yemi sunulmuştur. 16–22 haftalar arasında ise gündüzleri hidroponik arpa (ME:

2693.9 kcal/kg; HP: %15.62) verilmiş, gece saatlerinde hindi bitirme yemi (ME: 2937.99 kcal/kg; HP: %18.40) uygulanmıştır. Hidroponik sistemden günlük olarak hasat edilen taze arpa yeşil yemi, tüketimi kolaylaştırmak amacıyla uygun boyutlarda doğranarak yemliklerde hindilere sunulmuştur (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Hidroponik olarak yetiştirilen otlar beslenen hindilerin genel görünümü

Islatılmış dane arpa grubunda ise hindilere, 8–16 haftalık yaş döneminde ıslatılmış dane arpa (ME: 3009.9 kcal/kg; HP: %9.6) %20 oranında hindi büyütme yemine (ME: 2941.21 kcal/kg; HP: %21.04) karıştırılarak verilmiştir. Aynı oran korunarak, 16–22 haftalık yaş döneminde ıslatılmış dane arpa hindi bitirme yemi (ME: 2937.99 kcal/kg; HP: %18.40) ile birlikte uygulanmıştır.

3.2.4. Canlı Ağırlık, Canlı Ağırlık Kazancı, Yem Tüketimi ve Yemden Yararlanma Oranı

Toplam 180 hindi palazı, 2 haftalık yaştan yani denemenin başlangıcından itibaren haftalık olarak aynı gün ve saatte tartılmış ve canlı ağırlıklar düzenli şekilde kaydedilmiştir. Hayvanlara yem ölçülü olarak verilmiş olup tartım öncesinde günlük yemleme yapılmamış ve tartımlar sabah saatlerinde (09:00-10:00) gerçekleştirilmiştir. Yem dökülmesini minimuma indirmek için Şekil 3.8.deki gibi ızgaralı yemlikler kullanılmış varsa dökülen yemler yemliklere aktararak tartılmıştır. Tüm ölçümler, 0.01 gram hassasiyetine sahip bir tartı cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Günlük canlı ağırlık kazancı (CAK), haftalık canlı ağırlık (CA) değerlerinden başlangıç ağırlığı çıkarılarak elde edilen farkın, gün sayısına bölünmesiyle hesaplanmıştır. Yem tüketimi haftalık periyotlarla izlenmiş olmasından

tüketilen yem miktarının toplam canlı ağırlık kazancına (CAK) bölünmesiyle yemden yararlanma hesaplanmıştır. Performans değerlendirmeleri, farklı zaman aralıklarında gerçekleştirilmiştir. Canlı ağırlık kazancı (CAK), günlük yem tüketimi (GYT) ve yemden yararlanma oranı (YYO), sırasıyla T1 (2-12. haftalar), T2 (13-22. haftalar) ve T3 (2-22. haftalar), zaman dilimlerinde ölçülüp analiz edilmiştir. Canlı ağırlık değerleri ise deneme ortası (13. hafta) ve deneme sonu (22. hafta) olmak üzere iki ayrı dönemde değerlendirilmiştir.

3.2.5. Kesim ve Karkas Özelliklerinin Belirlenmesi

Hindiler 22 haftalık yaşa (yumurtadan çıkış tarihine göre) geldiklerinde canlı ağırlıklardaki değişimler sabit bir düzene ulaştığında kesim kararı alınmıştır. Tüm bireyler kesim öncesinde canlı ağırlıkları ölçülerek kayıt altına alınmıştır. Karkas değerlendirmesi için her gruptan 9 erkek ve 9 dişi olmak üzere toplam 18, üç grupta ise toplam 54 hindi seçilerek analize dahil edilmiştir. Seçilen bireyler, grup ortalama canlı ağırlığını temsil edecek şekilde belirlenmiş ve ortalama ağırlığın $\pm$ %5 tolerans aralığında yer alan hindiler arasından seçilmiştir. Hindiler boyun bölgesinden kesilerek ötenazi yapılmış ve kanın tamamen akması için 1–2 dakika bekletilmiştir.



Şekil 3.13. Hindi karkaslarında kesim sonrası uygulamalara ait görünüm

Tüylerin kolayca uzaklaştırılabilmesi amacıyla karkaslar 50–60 °C sıcaklıktaki suya 60–90 saniye süreyle daldırılmıştır (Türkoğlu ve Sarıca, 2014),

ardından tüyler elle yolunmuş ve karkaslar soğuk suda yıkandıktan sonra asılarak dinlendirilerek ilk soğutma işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.13). Ayaklar bilek eklemi hizasından kesilerek karkastan ayrılmış, tüketilebilir ve tüketilemez iç organlar ile kloak çıkarılmıştır. Karkas ve parçaları (but, göğüs, karaciğer, kalp, taşlık, abdominal yağ, kanat/sırt/boyun) 0.01 g hassasiyetli tartı cihazı ile tartılmış, örnekler +4 °C'de 24 saat muhafaza edilmek üzere uygun şekilde etiketlenip paketlenmiştir.

3.2.6. Kimyasal Analizler

Temel besin madde analizleri ile bazı antinutrisyonel faktör tespitleri (β -glukan, fitik asit) mera otu, hidroponik arpa otu, ıslatılmış dane arpa, kuru dane arpa örneklerinde yapılmıştır. Ayrıca mineral madde kullanım düzeylerini tespit etmek amacıyla dışkıda P ve Ca analizleri gerçekleştirilmiştir. Tüm örnekler oda sıcaklığında kurutulduktan sonra 0.5 mm'nin altındaki partikül boyutuna kadar öğütülmüş ve tüm kimyasal analizler üç tekrar halinde yapılmıştır.

3.2.6.1. Yem Ham Maddelerinde Besin Madde Analizleri

Yem materyallerinde ham kül, ham protein, ham yağ ve ham selüloz analizleri AOAC (2006) standart yöntemlerine uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Ham kül analizi, kurutulmuş arpa örneklerinin 550 °C'de 4 saat boyunca Protherm PLF Serisi kül fırınında (Ankara, Turkey) yakılmasıyla yapılmış; yakma sonrası kalan inorganik kalıntı tartılarak kül içeriği hesaplanmıştır. Ham protein içeriği, Dumas yöntemiyle (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA) belirlenmiş olup, örnekler 950 °C'de yakıldıktan sonra açığa çıkan azot gazı termal iletkenlik detektörü ile ölçülmüş ve 6.25 dönüşüm katsayısı kullanılarak protein miktarı hesaplanmıştır. Ham yağ analizi, Soxhlet cihazı (Gerhardt, Duisburg, Almanya) kullanılarak gerçekleştirilmiş; öğütülmüş ve kurutulmuş arpa örnekleri etil eter ile ekstrakte edilip, çözücünün uzaklaştırılması sonrası kalan yağ miktarı tartılmıştır. Ham selüloz analizi, numunenin seyreltik sülfürik asit ve sodyum hidroksit ile kaynatılması, süzülüp yıkanması, 105°C'de kurutulması ve 550°C'de yakılmasıyla yapılmış; bu işlem, ham selüloz analiz cihazı (ANKOM 200 Fiber Analyzer, ANKOM Technology, ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiş ve kalan kalıntının kül içeriği ise kül fırınında (Protherm PLF Serisi, Ankara, Türkiye) belirlenmiştir.

Ayrıca rasyonlarda metabolik enerji (ME) düzeyleri de hesaplanmıştır. Metabolik enerji (ME, kcal/kg) değerleri, Pauzenga (1985) tarafından önerilen hesaplama yöntemine göre; rasyonda bulunan ham protein, ham yağ ve azotsuz öz

maddeler dikkate alınarak hesaplanmıştır. Bu yöntemle göre enerji değeri, aşağıdaki denklem kullanılarak belirlenmiştir:

$$ME=37 \times \text{Ham Protein \%} + 81.1 \times \text{Ham Yağ \%} + 35.5 \times \text{Azotsuz Öz Madde \%};$$

$$\text{Azotsuz Öz madde (\%)} = \text{Kuru Madde (\%)} - [\text{Ham Protein (\%)} + \text{Ham Yağ (\%)} + \text{Ham Kül (\%)} + \text{Ham Selüloz (\%)}]$$

3.2.6.2. β -glukan Analizi

Bu analiz yerli beyaz arpa materyalinde dört farklı arpa formunda yapılmıştır. Mera otu, hidroponik arpa otu, kuru dane arpa ve ıslatılmış dane arpadaki farklılıklar değerlendirilmiştir. Analiz öncesinde tüm örnekler yabancı madde, toz ve kirden arındırılmış, ardından öğütülmüştür. Hazırlanan örnekler her bir varyasyon için ayrı kaplara alınarak etiketlenmiştir. β -glukan analizleri Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Beslenme Kalitesi Laboratuvarı'nda yürütülmüştür.

Örneklerdeki β -glukan miktarı, Megazyme firmasına ait β -glukan test kiti (Megazyme International, Bray, Ireland) kullanılarak McCleary ve Glennie-Holmes (1985), McCleary ve Codd (1991) ve McCleary ve Mugford (1992) tarafından geliştirilen yöntemlerin modifiye edilmiş şekline göre enzimatik olarak tayin edilmiştir. Bu yöntem, örnekte bulunan β -glukanın glikoza dönüşmesi için likenaz ve β -glukozidazla muamele edilmesi ile oluşan glikoz birimlerinin, GOPOD (glikoz oksidaz-peroksidaz) reaktifi ile parçalanması sonucu ortaya çıkan boyar maddenin spektrofotometrede 510 nm dalga boyunda Shimadzu UV-1800 spektrofotometre (Kyoto, Japonya) ile ölçülen absorbansına dayanmaktadır. Islatma işleminin etkisini değerlendirmek için kuru dane arpa örnekleri de analiz edilmiştir.

3.2.6.2.1. Enzimlerin hazırlanışı

3.2.6.2.1.1. Likenaz ve Enzimi Hazırlanışı

Likenaz enzimi çözeltisi, 1.0 mL'lik tüp içeriği, 20 mM sodyum fosfat çözeltisi (pH: 6.5) ile karıştırılarak toplam 20 mL'ye tamamlanmış ve çözeltinin her bir kısmı, 5 mL'lik tüplere aktarılıp dondurucuya konulmuştur.

3.2.6.2.1.2. β -Glucosidaz Enzimi Hazırlanışı

β -Glucosidaz enzimi çözeltisi, 1.0 mL'lik tüp içeriği, 50 mM sodyum asetat tamponu (pH: 4.0) ile karıştırılarak toplam 20 mL'ye tamamlanmış ve her bir kısmı 5 mL'lik tüplere aktarılmıştır. Bu çözeltiler bir gün önceden hazırlanıp dondurucuya

konulmuştur. Metot aşağıdaki şekilde uygulanmıştır:

1. Örnekler, 0.1 g olarak tartılmış ve 50 mL'lik falkon tüplere aktarılmıştır.
2. Her tüpe sırasıyla 0.2 mL %50'lik etanol eklenmiş ve karışım vorteksle karıştırılmıştır.
3. Her tüpe 4 mL Buffer 1 eklenmiş ve karışım tekrar vorteksle karıştırılmıştır. Bu karışım 1 dakika boyunca kaynar suda inkübe edilmiştir.
4. Inkübasyon sonunda tüpler bir kez daha vorteksle karıştırılmış ve 100°C'de 2 dakika daha inkübe edilmiştir.
5. Bu süreç sırasında, her 1 dakikada bir örnekler vorteksle karıştırılmış; 3. dakikada ise tüm örnekler için bekleme süresi geçirilmiştir.
6. Süre sonunda örnekler tekrar vorteksle karıştırılmış ve 50°C'de 5 dakika süreyle dengeye bırakılmıştır.
7. Ardından, her tüpe 0.2 mL likenaz eklenmiş, karışım vorteksle karıştırılmış ve 50°C'de 1 saat inkübe edilmiştir.
8. Bu inkübasyon sırasında her 15 dakikada bir tüpler vorteksle karıştırılmış ve eşit dağılım sağlanmıştır.
9. Sonrasında, her tüpe 5 mL sodyum asetat tamponu (Buffer 2) eklenmiş ve karışım vorteksle karıştırılmıştır. Ardından oda sıcaklığında 5 dakika bekletilmiştir.
10. Her tüpe 2 mL aktarılmış ve 15 mL'lik eppendorf tüplerine aktarılmış; tüpler 1000 rpm'de 10 dakika süreyle santrifüj edilmiştir.
11. Santrifüj sonrası, süpernatant kısmından her tüpe 0.1 mL alınarak 15 mL'lik tüplere (K, A, B) aktarılmış ve bu karışımlar 50°C'de 10 dakika inkübe edilmiştir.
12. Her örneğe 0.1 mL standart çözeltisi ve 0.1 mL Buffer 3 eklenmiş; referans boşluğu (blank) için ise 0.1 mL su ve 0.1 mL Buffer 3 eklenmiştir.
13. Tüm örneklerle 3 mL GOPOD reaktifi (renklendirici) eklenmiş ve vorteksle karıştırılmıştır.

14. Karışımlar, 50°C'de 20 dakika inkübe edilmiştir.

15. Inkübasyon sonunda, her örneğin absorbansı 510 nm'de spektrofotometre ile ölçülmüştür. Çalışmaya ait görseller Şekil 3.14 ve 3.15'te verilmiştir.



Şekil 3.14. β -glukan analizine ait laboratuvar uygulamalarına ait görüntüler



Şekil 3.15. β -glukan analizinde kullanılan ölçüm küvetleri ve spektrofotometrik ölçüm cihazı

3.2.6.3. Fitik Asit Analizi

Mera otu, hidroponik arpa otu, kuru dane arpa, ıslatılmış dane arpa

örneklerinde fitik asit düzeylerinin belirlenmesi amacıyla, ilgili analiz Kilis 7 Aralık Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Bu yöntemde, örneklerde bulunan fitik asit, Fe^{3+} iyonları ile çözünmeyen demir fitat formunda çöktürülmüştür. Çökelmeyen Fe^{3+} miktarı, 2,2-bipiridin ile oluşturduğu renkli kompleksin spektrofotometrik olarak ölçülmesiyle belirlenmiştir. Elde edilen absorbans değerleri kullanılarak, fitik aside bağlanarak çöken Fe^{3+} miktarı dikkate alınmış ve buna bağlı olarak örneklerin fitik asit konsantrasyonu hesaplanmıştır. Bu yöntem, prensip olarak dolaylı bir demir tayini yöntemi olarak da değerlendirilebilmektedir. Metot aşağıda belirtilen şekilde uygulanmıştır (Köten, 2021).

1. Un inceliğinde (200 μm elekten geçirilmiş) öğütülmüş 0.1 g örnek, 15 mL'lik falkon tüpüne alınmıştır.
2. Örnek üzerine, 0.4 M HCl içinde hazırlanmış %10'luk Na_2SO_4 çözeltisinden 10 mL ilave edilmiştir.
3. Karışım, 175 rpm hızda ayarlanmış çalkalayıcıda 3 saat süreyle çalkalanmıştır.
4. Çalkalama işlemi tamamlandıktan sonra karışım, 4600 devir/dakika hızında 20 dakika santrifüj edilmiştir.
5. Santrifüj sonrasında elde edilen süpernatanttan 1 mL alınarak yeni bir 15 mL'lik Falkon tüpüne aktarılmıştır.
6. Bu örneğe 2 mL ferik solüsyon eklenmiştir.
7. Tüpler, 95 °C'ye ayarlanmış su banyosunda 30 dakika süreyle inkübasyona bırakılmıştır.
8. Inkübasyonun ardından tüpler, soğuk su banyosuna alınarak oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur.
9. Oda sıcaklığına ulaşan örnekler, 4600 devir/dakika hızında 10 dakika süreyle tekrar santrifüj edilmiştir.
10. Santrifüj işlemi sonucunda, tüplerin alt kısmında fitik asit- Fe^{3+} kompleksine ait jel yapı oluşmuştur.

11. Santrifüj edilen örneklerin süpernatant kısmından 1 mL alınarak cam test tüplerine aktarılmıştır.

12. Örneklerin üzerine 3 mL 2.2-bipiridin solüsyonu eklenmiş ve bu aşamada pembe renk oluşumu gözlenmiştir.

13. Oluşan pembe rengin absorbansı, 519 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçülmüştür.

3.2.6.3.1. Fitik Asit Standartlarının Hazırlanması

Fitik asidin sodyum tuzundan (Sigma P-8810) 0.2 g tartılarak 100 mL distile suda çözündürülmüş ve 2000 mg/L (2000 ppm) konsantrasyonunda fitik asit-fosfor stok çözeltisi hazırlanmıştır. Bu stok çözeltisinden uygun seyreltmeler yapılarak 0, 50, 100 ve 200 mg/L (ppm) konsantrasyonlarında fitik asit standart çözeltileri elde edilmiştir.

Hazırlanan standart çözeltilerden ve blank olarak kullanılan %10'luk Na₂SO₄ çözeltisinden her biri için 1 mL alınmış ve örnek analizinde belirtilen yöntemin 4.-7. adımları arasında tanımlanan tüm prosedür aynen uygulanmıştır. Bu kapsamda, her bir çözeltiye 2 mL ferik solüsyon eklenmiş; örnekler sırasıyla sıcak su banyosu ve soğuk su banyosuna tabi tutulmuş, ardından santrifüj edilmiştir. Santrifüj işlemi sonrasında elde edilen süpernatanttan 1 mL alınarak üzerine 3 mL 2.2-bipiridin solüsyonu ilave edilmiştir. Oluşan pembe rengin absorbansı 519 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçülmüştür.

3.2.6.3.2. Seyreltme Yolu ile Standartların Hazırlanması (100 mL için)

1. 2000 ppm'lik stok çözeltiden 10 mL alınarak hacim 100 mL'ye tamamlanmış ve 200 ppm'lik standart çözeltisi hazırlanmıştır.

2. 200 ppm'lik standarttan 50 mL alınarak hacim 100 mL'ye tamamlanmış ve 100 ppm'lik standart elde edilmiştir.

3. 100 ppm'lik standarttan 50 mL alınarak hacim 100 mL'ye tamamlanmış ve 50 ppm'lik standart hazırlanmıştır.

4. 0 ppm (blank) standart, 0.4 M HCl içinde hazırlanmış Na₂SO₄ çözeltisi kullanılarak oluşturulmuştur.

5. Hazırlanan tüm standart çözeltilerinin 519 nm'de ölçülen absorbans

değerleri kullanılarak bir kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. Bu egride x ekseninde absorbans, y ekseninde ise fitik asit konsantrasyonu (ppm) yer almıştır.

Elde edilen kalibrasyon eğrisi $y = ax + b$ denklemi ile ifade edilmiştir. Absorbans değerleri ile konsantrasyon arasındaki ilişkinin doğrusal olması nedeniyle, ölçülen absorbans değerlerinin fitat miktarını doğru biçimde yansıttığı kabul edilmiştir (Haug ve Lantzsch, 1983). Örneklerin absorbans değerleri bu denklemde x yerine yerleştirilerek, fitik asit miktarları ppm (mg/L) cinsinden hesaplanmıştır. Çalışmaya ait görseller Şekil 3.15’de verilmiştir.



Şekil 3.16. Fitik asit analizine ait laboratuvar aşamalarından görüntüler

3.2.6.4. Fosfor ve Kalsiyum Analizi

Hindi dışkılarında fosfor ve kalsiyum düzeylerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Numuneler öncelikle 105 °C’de etüvde kurutulmuş, ardından soğutularak porselen havanda öğütülmüştür. Öğütülen numunelerden 0.5 g tartılarak mikrodalga fırının çözünme kaplarına alınmıştır. Her bir numuneye %65’lik HNO₃’ten 3 mL ve %37’lik HCl’den 1 mL eklenmiş, yaklaşık 1 saat bekletilerek asitlerin organik bileşiklerle reaksiyonu sonucu açığa çıkan gazların uzaklaşması sağlanmıştır. Daha sonra mikrodalga fırında uygun program seçilerek çözünme

işlemi gerçekleştirilmiştir. İşlem tamamlandıktan sonra kaplar soğutulmuş, numuneler süzülerek saf su ile 15 mL'ye seyreltilmiştir. Hazırlanan numuneler, mikrodalga destekli asit çözünmesi yöntemi ile elde edilmiş olup, fosfor ve kalsiyum düzeyleri indüklenmiş eşleşmiş plazma optik emisyon spektrometrisi (ICP-OES) tekniği kullanılarak Optima 5300 DV cihazı (PerkinElmer, ABD) ile analiz edilmiştir.

3.2.7. İstatistiksel Analizler

Tüm istatistiksel analizler için R yazılımı (versiyon 4.4.2) ve Agricolae paketi (De Mendiburu, 2023) kullanılmıştır. Verilerin normal dağılım ve varyans homojenliği varsayımlarının sağlanıp sağlanmadığını belirlemek amacıyla sırasıyla Shapiro–Wilk ve Levene testleri uygulanmıştır ($p>0.05$). Gruplar arasındaki farklılıkların belirlenmesinde faktöriyel varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır.

İstatistiksel analizlerde, grup ve cinsiyet faktörleri ile bu faktörlerin birlikte etkisi (grup $\times$ cinsiyet) değerlendirilmiştir. ANOVA sonucunda anlamlı farklılık tespit edilen durumlarda ($p<0.05$), gruplar arasındaki farkların hangi ortalamalardan kaynaklandığını belirlemek amacıyla Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi uygulanmış ve ortalamalar arasındaki farklılıklar harflendirme yöntemiyle gösterilmiştir.

Grup $\times$ cinsiyet birlikte etkisinin önemsiz olduğu durumlarda, hem grup hem de cinsiyete ait standart hata (SEM) değerleri ayrı ayrı verilmiştir. Tüm faktörlerin anlamlı olduğu durumlarda ise ortalamalara ait tek bir SEM değeri raporlanmıştır. Tüm istatistiksel analizler $p<0.05$ önem düzeyinde gerçekleştirilmiştir.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} : cevap değişkeni

i : faktörünün i . Seviyesindeki (grup: arpa versiyonları),

j : faktörünün j . Seviyesindeki (cinsiyetler),

k : tekrarlamadaki gözlem değeri.

μ : Verilerin genel (grand) ortalaması.

α_i : A faktörünün i . seviyesinin ana (main) etkisi (grup)

β_j : B faktörünün j. seviyesinin ana (main) etkisi (cinsiyet)

$\alpha\beta_{ij}$: A ile B faktörleri arasındaki etkileşim (interaction) etkisi.

ε_{ijk} : Bağımsız, normal dağılımlı hata terimi

n : Her i, j kombinasyonu için tekrarlama sayısı

Grafiksel gösterimler Python programlama dili kullanılarak oluşturulmuş; görselleştirme sürecinde Matplotlib (Hunter, 2007) ve Seaborn (Waskom, 2021) paketlerinden yararlanılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Performans Bulguları

Canlı ağırlığa ilişkin olarak deneme ortası (13. hafta) ve deneme sonu (22. hafta) ölçümleri, farklı dönemlerde (T1: 2–12. haftalar, T2: 13–22. haftalar, T3: 2–22. haftalar) arpa merası, hidroponik arpa ve ıslatılmış dane arpa ile desteklenen gruplardaki hindilerde canlı ağırlık kazancı (CAK), günlük yem tüketimi (GYT) ve yemden yararlanma oranlarına (YYO) ilişkin elde edilen bulgular sırasıyla Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4’te sunulmuştur.

4.1.1. Canlı Ağırlık

Çizelge 4.1. Farklı arpa formları ile desteklenerek beslenen hindilerde deneme ortası ve deneme sonu canlı ağırlıklar

CA (g/gün)	Grup	Cinsiyet		Ortalama	SEM	p değeri		
		Erkek	Dişi			Grup	Cinsiyet	GxC
Deneme ortası (13. Hafta)	Arpa Merası	3645	2751	3198^b		***	***	öd
	Hidroponik arpa	4137	3028	3583^a				
	Islatılmış dane arpa	4016	2998	3507^a				
	Ortalama	3932^a	2925^b		50.79			
	SEM			75.44				
Deneme sonu (22. Hafta)	Arpa merası	7300 ^A	4482 ^C	5891	257.9	öd	***	**
	Hidroponik arpa	7085 ^A	4931 ^B	6008				
	Islatılmış dane arpa	7256 ^A	4948 ^B	6102				
	Ortalama	7214^a	4787^b		84.91			
	SEM							

Grup × cinsiyet birlikte etkisinin önemsiz olduğu durumlarda hem grup hem de cinsiyete ait SEM değerleri verilmiştir (kırmızı ve mavi vurgulu); tüm faktörlerin önemli olduğu durumlarda ise ortalamalara ait tek bir SEM değeri verilmiştir. Farklı harfler (a,b,c; A,B,C) aynı satır veya sütundaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir (p<0.05. Grup × cinsiyet birlikte etkisinin önemli olduğu durumlarda büyük harfler (A,B,C) aynı grup içinde cinsiyetler arasındaki farklılıkları; birlikte etkinin önemsiz olduğu durumlarda ise küçük harfler (a,b,c) yem grupları ve cinsiyetler arasındaki farklılıkları göstermektedir. SEM: Ortalamanın standart hatası; CA: Canlı ağırlık; G: Grup; C: Cinsiyet; GxC: Grup × cinsiyet birlikte etkisi; öd.: önemli değil (P>0.05); *, P < 0.05; **, P < 0.01; ***, P < 0.001

Canlı ağırlığa ilişkin bulgular incelendiğinde (Çizelge 4.1), denemenin ortasında (13. hafta) beslenme grupları ve cinsiyetler arasında canlı ağırlık bakımından istatistiksel olarak çok anlamlı farklılıklar belirlenmiştir (p<0.001). Buna karşın, grup × cinsiyet birlikte etkisi bu dönemde önemsiz bulunmuş (p>0.05). Deneme sonunda (22. hafta) ise beslenme grupları arasında canlı ağırlık açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamış (p>0.05), buna karşılık cinsiyetin canlı ağırlık üzerindeki etkisinin devam ettiği (p<0.001) ve grup×cinsiyet birlikte etkisinin anlamlı olduğu belirlenmiştir (p<0.01).

Deneme ortasında (13.hafta) grup×cinsiyet birlikte etkisi anlamlı

bulunmadığından ana gruplar (grup ve cinsiyet) ayrı ayrı incelenmiştir. Denemenin ortasında (13. hafta), en yüksek canlı ağırlık değerleri hidroponik arpa (3583 g) ve ıslatılmış dane arpa (3507 g) gruplarında, en düşük canlı ağırlık ise arpa merası grubunda (3198 g) tespit edilmiştir. Aynı dönemde erkek bireylerin (3932 g) canlı ağırlıklarının dişilere (2925 g) kıyasla anlamlı derecede daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($p<0.001$).

Deneme sonunda (22. hafta), grup ortalamaları dikkate alındığında canlı ağırlık bakımından beslenme grupları arasında anlamlı bir fark bulunmamakla birlikte ($p> 0.05$), erkek bireylerin (7214) tüm gruplarda dişilere (4787) göre daha yüksek canlı ağırlık değerlerine sahip olduğu saptanmıştır ($p<0.001$). Bu dönemde gözlenen grup $\times$ cinsiyet birlikte etkisinin, özellikle arpa merası grubunda cinsiyetler arasındaki farkın daha belirgin olmasından kaynaklandığı belirlenmiştir ($p<0.01$). Birlikte etkileri dikkate alındığında tüm erkek bireyler için yem gruplarında CA en yüksek, dişilerde ise hidroponik arpa ve ıslatılmış dane arpa grupları en düşük CA'ya sahiptir.

4.1.2. Canlı Ağırlık Kazancı

Çizelge 4.2. Farklı arpa formları ile desteklenerek beslenen hindilerde dönemlere göre canlı ağırlık kazançları

CAK (g/gün)	Grup	Cinsiyet		Ortalama	SEM	p değeri		
		Erkek	Dişi			Grup	Cinsiyet	G*C
T1	Arpa Merası	43.51	33.03	38.27^b		***	***	öd
	Hidroponik arpa	47.52	35.66	41.59^a				
	Islatılmış dane arpa	45.99	35.18	40.58^a				
	Ortalama	45.67^a	34.62^b		0.344			
	SEM			0.412				
T2	Arpa merası	55.86 ^A	27.15 ^C	41.50	0.863	*	***	***
	Hidroponik arpa	51.87 ^A	30.87 ^B	41.37				
	Islatılmış dane arpa	54.10 ^A	32.44 ^B	43.27				
	Ortalama	53.94	30.15	42.05				
	SEM							
T3	Arpa merası	49.55 ^A	30.15 ^C	39.85	0.689	**	***	*
	Hidroponik arpa	49.65 ^A	33.32 ^B	41.49				
	Islatılmış dane arpa	50.05 ^A	33.84 ^B	41.94				
	Ortalama	49.75	3.43	41.09				
	SEM							

Grup $\times$ cinsiyet birlikte etkisinin önemsiz olduğu durumlarda hem grup hem de cinsiyete ait SEM değerleri verilmiştir (kırmızı ve mavi vurgulu); tüm faktörlerin önemli olduğu durumlarda ise ortalamalara ait tek bir SEM değeri verilmiştir. Farklı harfler (a,b,c; A,B,C) aynı satır veya sütundaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$). Grup $\times$ cinsiyet birlikte etkisinin önemli olduğu durumlarda büyük harfler (A,B,C) aynı grup içinde cinsiyetler arasındaki farklılıkları; birlikte etkisinin önemsiz olduğu durumlarda ise küçük harfler (a,b,c) yem grupları ve cinsiyetler arasındaki farklılıkları göstermektedir. SEM: Ortalamanın standart hatası; CAK: Canlı ağırlık kazancı; G: Grup; C: Cinsiyet; GxC: Grup $\times$ cinsiyet birlikte etkisi; öd.: önemli değil ($P>0.05$); *, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$; ***, $P < 0.001$; T1: 2–12. haftalar, T2: 13–22. haftalar, T3: 2–22. haftalar

Canlı ağırlık kazancına ilişkin bulgular incelendiğinde (Çizelge 4.2), T1 döneminde beslenme grupları ve cinsiyetler arasında canlı ağırlık kazancı açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur ($p < 0.001$). Ancak, grup×cinsiyet birlikte etkisi önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). T2 döneminde ise grup ($p < 0.05$), cinsiyet ($p < 0.001$) ve grup × cinsiyet birlikte etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.001$). T3 döneminde de grup ($p < 0.01$), cinsiyet ($p < 0.001$) ve grup×cinsiyet birlikte etkisi ($p < 0.05$) önemli bulunmuştur. T1 döneminde, en yüksek canlı ağırlık kazancı hidroponik (41.59 g) ve ıslatılmış dane arpa (40.587 g) gruplarında gözlemlenirken, en düşük canlı ağırlık kazancı arpa merası grubunda (38.27 g) tespit edilmiştir. T2 döneminde grup × cinsiyet birlikte etkisi dikkate alındığında, erkek bireylerde en yüksek canlı ağırlık artışı arpa merası (55.86 g), hidroponik arpa (51.87 g) ve ıslatılmış dane arpa (54.10 g) gruplarında benzer düzeylerde tespit edilmiştir. Buna karşılık, en düşük canlı ağırlık kazancı arpa merası grubundaki dişilerde (27.15 g) belirlenmiştir ($p < 0.001$). T3 dönemindeki bulgular da T2 dönemine benzer bir dağılım göstermiş ve gruplar benzer şekilde sınıflanmıştır ($p < 0.05$).

4.1.3. Günlük Yem Tüketimi

Yapılan analizler sonucunda günlük yem tüketimi verilerine ait bulgular Çizelge 4.3'te sunulmuştur.

Çizelge 4.3. Farklı arpa formları ile desteklenerek beslenen hindilerde dönemlere göre günlük yem tüketimleri

GYT (g/gün)	Grup	Ortalama	SEM	p değeri
				Grup
T1	Arpa Merası	97.87 ^B	0.387	***
	Hidroponik arpa	102.67 ^A		
	Islatılmış dane arpa	93.52 ^C		
T2	Arpa merası	145.86 ^C	0.557	***
	Hidroponik arpa	163.11 ^A		
	Islatılmış dane arpa	158.16 ^B		
T3	Arpa merası	121.64 ^C	0.214	***
	Hidroponik arpa	132.89 ^A		
	Islatılmış dane arpa	125.84 ^B		

SEM: Ortalamanın standart hatası; Farklı harfler (A,B,C) aynı sütundaki istatistiksel farklılıkları gösterir. *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$; ***, $p < 0.001$; GYT: günlük yem tüketimi T1: 2–12. haftalar, T2: 13–22. haftalar, T3: 2–22. haftalar

Günlük yem tüketimine ilişkin bulgular incelendiğinde (Çizelge 4.3), T1, T2

ve T3 dönemlerinde beslenme grupları arasında günlük yem tüketimi bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur ($p<0.001$).

T1 döneminde, en yüksek günlük yem tüketimi hidroponik arpa grubunda (102.67 g) gözlemlenirken, en düşük günlük yem tüketimi ise ıslatılmış dane arpa grubunda (93.52 g) tespit edilmiştir. T2 ve T3 dönemlerinde benzer şekilde en yüksek günlük yem tüketimi hidroponik arpa grubunda (sırasıyla 163.11 ve 132.89 g), en düşük ise arpa merası grubunda (145.86 ve 121.64 g) belirlenmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, tüm dönemlerde hidroponik arpa ile beslenen hindilerin günlük yem tüketiminin diğer gruplara kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür.

4.1.4. Yemden Yararlanma Oranı

Yemden yararlanma oranlarına ilişkin elde edilen bulgular, T1, T2 ve T3 dönemlerinde besleme grupları ile cinsiyetler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir ($p<0.001$) (Çizelge 4. 3). Grup×cinsiyet birlikte etkisi ise yalnızca T1 döneminde önemsiz bulunurken ($p>0.05$), T2 ve T3 dönemlerinde ise önemli bulunmuştur ($p<0.01$).

Çizelge 4.3. Farklı arpa formları ile desteklenerek beslenen hindilerde dönemlere göre yemden yararlanma oranları

YYO	Grup	Cinsiyet		Ortalama	SEM	p değeri		
		Erkek	Dişi			Grup	Cinsiyet	G×C
T1	Arpa Merası	2.20	3.02	2.61 ^a		***	***	öd
	Hidroponik arpa	2.18	2.88	2.53 ^a				
	Islatılmış dane arpa	2.03	2.68	2.35 ^b				
	Ortalama	2.14 ^b	2.86 ^a		0.023			
	SEM			0.02				
T2	Arpa merası	2.61 ^D	5.41 ^A	4.01	0.070	***	***	***
	Hidroponik arpa	3.14 ^C	5.35 ^A	4.25				
	Islatılmış dane arpa	2.93 ^C	4.97 ^B	3.95				
	Ortalama	2.89	5.24	4.07				
	SEM							
T3	Arpa merası	2.43 ^D	4.07 ^A	3.25	0.051	***	***	**
	Hidroponik arpa	2.68 ^C	4.02 ^A	3.35				
	Islatılmış dane arpa	2.51 ^D	3.77 ^B	3.14				
	Ortalama	2.54	3.95	3.25				
	SEM							

Grup × cinsiyet birlikte etkisinin önemsiz olduğu durumlarda hem grup hem de cinsiyete ait SEM değerleri verilmiştir (kırmızı ve mavi vurgulu); tüm faktörlerin önemli olduğu durumlarda ise ortalamalara ait tek bir SEM değeri verilmiştir. Farklı harfler (a,b,c; A,B,C) aynı satır veya sütundaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$). Grup × cinsiyet birlikte etkisinin önemli olduğu durumlarda büyük harfler (A,B,C) aynı grup içinde cinsiyetler arasındaki farklılıkları; birlikte etkinin önemsiz olduğu durumlarda ise küçük harfler (a,b,c) yem grupları ve cinsiyetler arasındaki farklılıkları göstermektedir. SEM: Ortalamanın standart hatası; YYO: Yemden yararlanma oranı; G: Grup; C: Cinsiyet; G×C: Grup × cinsiyet birlikte etkisi; öd.: önemli değil ($P>0.05$); *, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$; ***, $P < 0.001$; T1: 2–12. haftalar, T2: 13–22. haftalar, T3: 2–22. haftalar

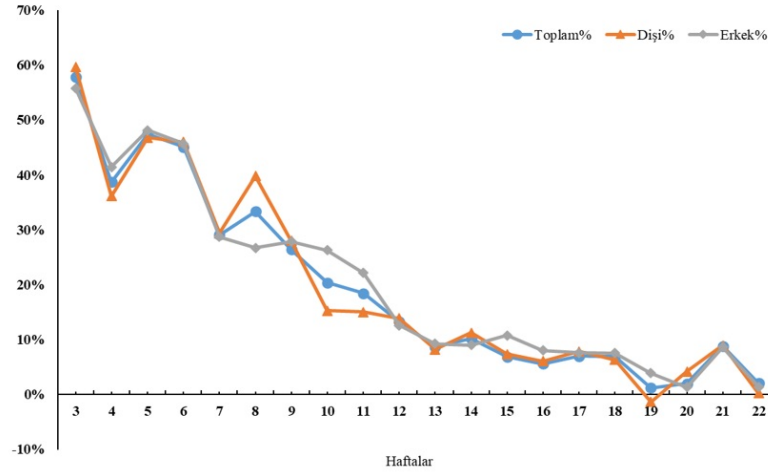
T1 döneminde, grup bazında en düşük yemden yararlanma oranı ısılatılmış dane arpa grubunda (2.35 g) belirlenirken, daha yüksek değerler arpa merası (2.61 g) ve hidroponik arpa (2.534 g) gruplarında tespit edilmiştir. Cinsiyet açısından değerlendirildiğinde, erkek bireylerin yemden yararlanma oranı (2.14 g), dişi bireylere (2.86 g) kıyasla daha düşük bulunmuştur. T2 ve T3 dönemlerinde grup×cinsiyet birlikte etkisi dikkate alındığında, en düşük yemden yararlanma oranının her iki dönemde de arpa merası grubundaki erkek bireylerde sırasıyla 2.61 g ve 2.43 g olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık, en yüksek yemden yararlanma oranı değerleri arpa merası ve hidroponik arpa gruplarındaki dişi bireylerde elde edilmiş; bu değerler T2 döneminde sırasıyla 5.41 g ve 5.35 g, T3 döneminde ise 4.074 g ve 4.02 g olarak saptanmıştır.

4.1.5. Kesim Karkas ve İç Organ Ölçümleri

Hindiler, deneme süresince haftalık canlı ağırlık artışlarının oransal dağılımı dikkate alınarak (Çizelge 4.5; Şekil 4.1), 22 haftalık yaşta (yumurtadan çıkış tarihine göre) kesime alınmıştır. Çizelge 4.5'te deneme süresince hindilerin haftalara göre canlı ağırlıklarının oransal değişimi, Şekil 4.1'de ise bu değişimin grafiksel dağılımı sunulmuştur.

Çizelge 4.4. Deneme gruplarında hindilerde haftalara göre canlı ağırlıkların oransal değişimi (%)

Deneme Haftası	Toplam (%)	Dişi (%)	Erkek (%)
3. hafta	58	60	56
4. hafta	39	36	41
5. hafta	47	47	48
6. hafta	45	46	46
7. hafta	29	29	29
8. hafta	33	40	27
9. hafta	26	28	28
10. hafta	20	15	26
11. hafta	18	15	22
12. hafta	13	14	13
13. hafta	9	8	9
14. hafta	10	11	9
15. hafta	7	7	11
16. hafta	6	6	8
17. hafta	7	8	8
18. hafta	7	6	8
19. hafta	1	-1	4
20. hafta	2	4	1
21. hafta	9	9	9
22. hafta	2	0	1



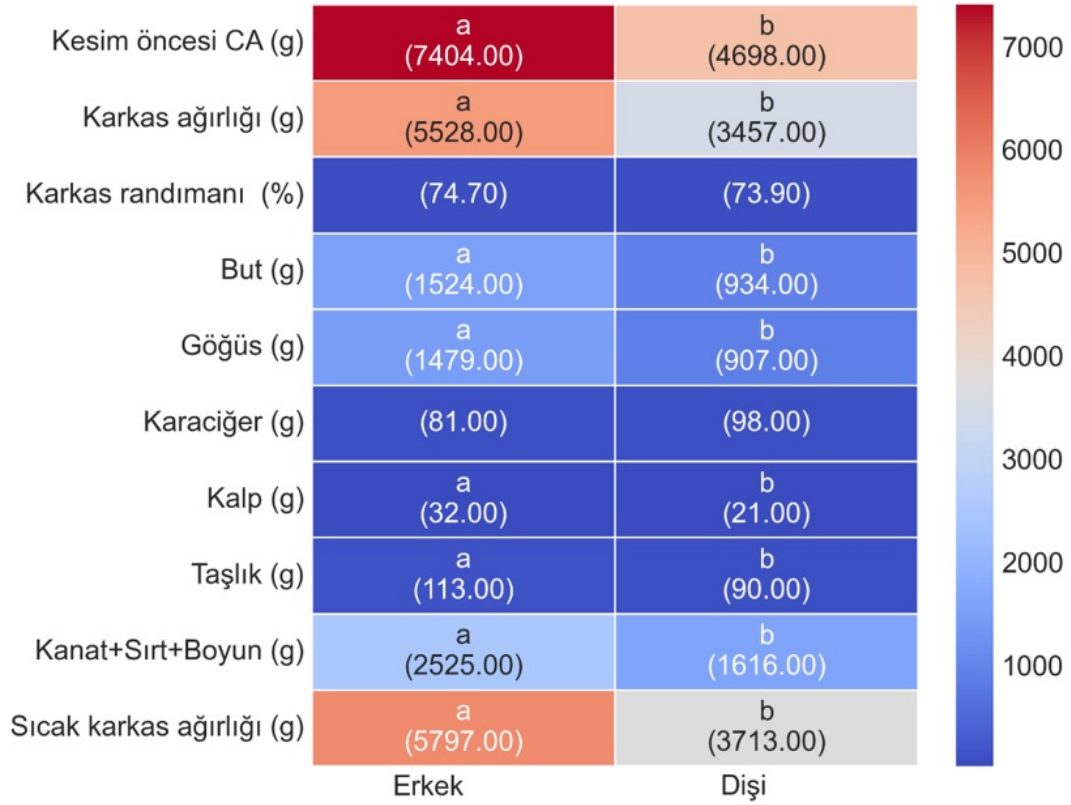
Şekil 4.1. Deneme gruplarında hindilerde haftalara göre canlı ağırlıkların oransal değişimi (%)

Deneme süresince haftalara göre canlı ağırlıkların oransal değişimi incelendiğinde (Çizelge 4.5; Şekil 4.1), erken ve orta dönemlerde hindilerde canlı ağırlık artış hızının yüksek olduğu, ancak ilerleyen haftalarda bu artış hızının kademeli olarak azaldığı görülmektedir. Özellikle denemenin son dört haftasında (19–22. haftalar), toplam, dişi ve erkek bireylerde canlı ağırlık artış oranlarının düşük düzeylerde seyretmesi ve haftalar arasında belirgin bir farklılık göstermemesi, büyümenin stabil bir faza yaklaştığını ortaya koymaktadır. Bu durum, hindilerin bu dönemde biyolojik büyüme potansiyeline büyük ölçüde ulaştığını ve besi süresinin uzatılmasının canlı ağırlık kazanımı açısından sınırlı bir katkı sağlayacağını düşündürmektedir. Bu doğrultuda, hindiler 22 haftalık yaşta kesime alınmıştır.

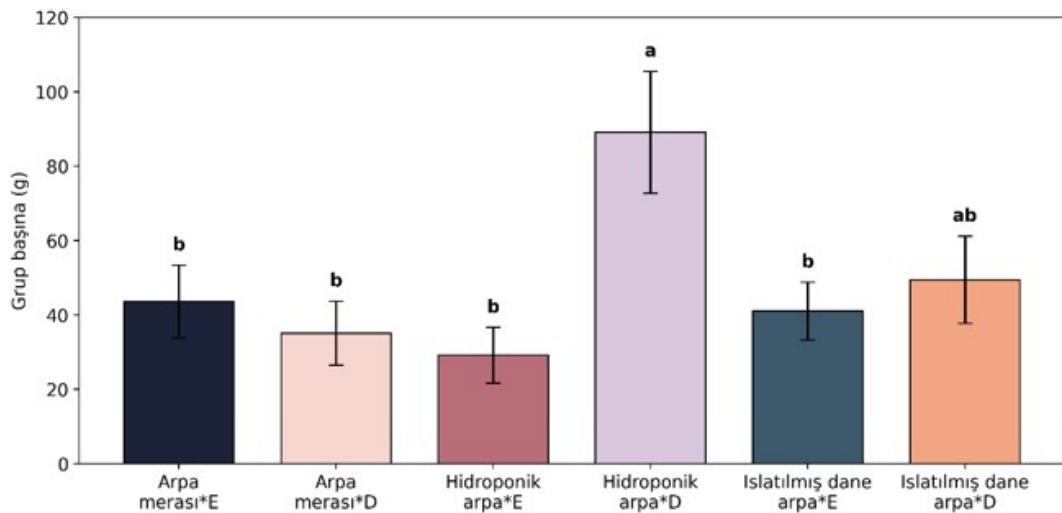
Kesim sonunda, her gruptan 9 erkek ve 9 dişi olmak üzere toplam 54 hindiye ait karkas ve iç organ ağırlıklarına ilişkin bulgular Şekil 4.2’de sunulmuştur. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda, kesim öncesi canlı ağırlık, karkas ağırlığı, randıman oranı, but, göğüs, karaciğer, kalp, taşlık, kanat+sırt+boyun ve yenilebilir karkas ağırlığı gibi parametrelerde yalnızca cinsiyetler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($p < 0.05$). Bu nedenle söz konusu karkas ve iç organ ağırlıklarına ilişkin değerlendirmeler cinsiyet faktörü esas alınarak yapılmıştır.

Şekil 4.2’de satır bazında cinsiyet grupları arasında farklılığın tespiti için bağımsız örneklem t-testi uygulanmış, anlamlı ($p < 0.05$) çıkan gruplarda ve büyük ortalamaya a, küçük ortalamaya b harfi verilmiştir. Anlamlı çıkmayan ($p > 0.05$) gruplarda harflendirmeye gidilmemiştir.

Abdominal yağ oranı açısından ise besleme grubu, cinsiyet ve grup×cinsiyet birlikte etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptanmış ($p<0.05$) ve bu parametreye ilişkin bulgular ayrı olarak ele alınarak Şekil 4.3'te sunulmuştur.



Şekil 4.2. Cinsiyete bağlı olarak hindilerde kesim ağırlığı, karkas verimi ve iç organ parametrelerinin sadece cinsiyete göre karşılaştırmalı dağılımı



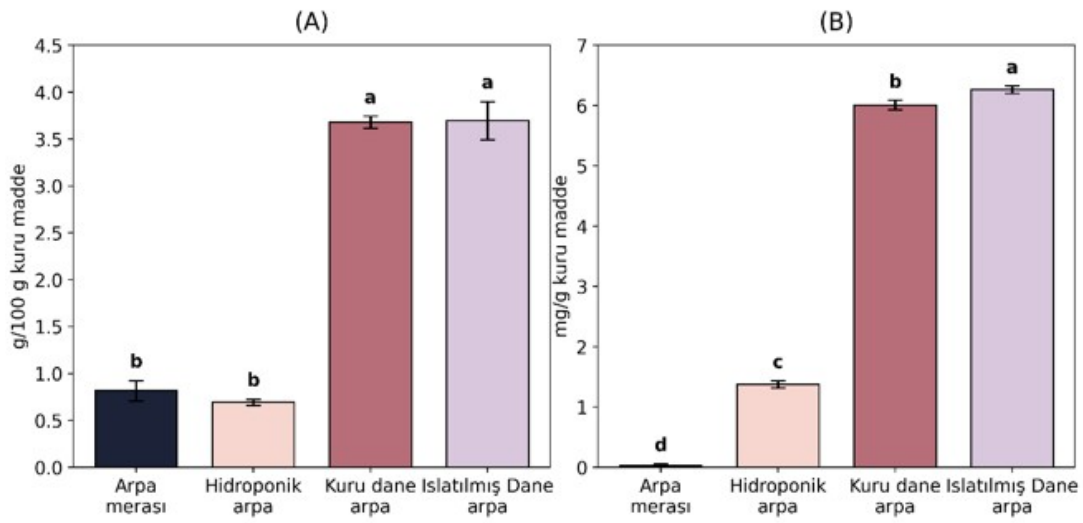
Şekil 4.3. Abdominal yağ değerlerine ait grup×cinsiyet birlikte etkisini gösterir. Standart hata çubukları sütunlarda verilmiştir. D: Dişi, E: Erkek

Abdominal yağ miktarına ilişkin bulgular incelendiğinde (Şekil 4.3), en yüksek değerin hidroponik arpa ile beslenen dişi hindilerde (89.11 g) elde edildiği görülmüş ($p<0.05$).

Buna karşılık, en düşük abdominal yağ miktarları arpa merası*E (43.62 g), arpa merası*D (35.12 g), hidroponik arpa*E (29.20 g) ve ıslatılmış dane arpa*E (41.11 g) aynı harf grubunda tespit edilmiştir ($p<0.05$).

4.2. Arpa Formlarının Antinutrisyonel Faktörleri

4.2.1. β -glukan ve Fitik Asit İçerikleri



Şekil 4.4. Farklı muamele görmüş arpa formlarında β -glukan (g/100 g kuru madde) (A) ve fitik asit (mg/g kuru madde) (B) düzeyleri

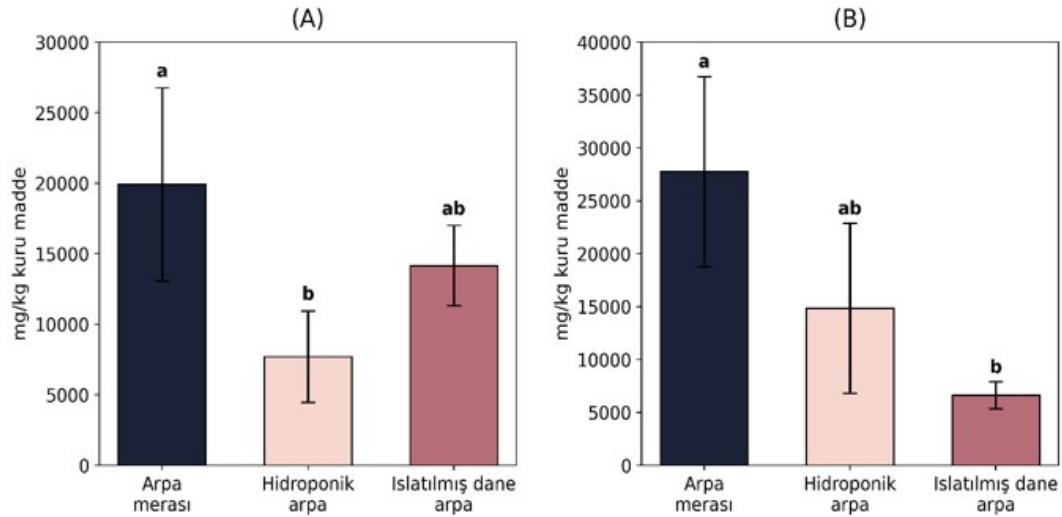
Sütunlar ortalama değerleri, hata çubukları standart hatayı (SEM) göstermektedir. Farklı harfler, gruplar arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları ifade etmektedir ($p<0.05$).

Şekil 4.4 incelendiğinde, β -glukan ve fitik asit içeriklerinin arpa formları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gösterdiği görülmüştür ($p<0.05$). β -glukan içeriği bakımından en yüksek değerler kuru dane arpa (3.68 g/100 g kuru madde) ve ıslatılmış dane arpa (3.69 g/100 g kuru madde) formlarında belirlenmiş olup, bu iki form arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır. Buna karşılık, en düşük β -glukan düzeyleri arpa merası hasılı (0.81 g/100 g kuru madde) ve hidroponik arpa (0.69 g/100 g kuru madde) formlarında tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Fitik asit içeriği açısından değerlendirildiğinde, en yüksek değer ıslatılmış dane arpa formunda (6.264 mg/g kuru madde) belirlenirken, en düşük fitik asit içeriği arpa merası hasılı formunda (0.029 mg/g kuru madde) saptanmıştır.

4.3. Dışkı Fosfor (P) ve Kalsiyum (Ca) Düzeyleri

Hindi dışkısında belirlenen fosfor (P) ve kalsiyum (Ca) düzeylerine ilişkin bulgular Şekil 4.5'te sunulmuştur.



Şekil 4.5. Farklı arpa formları ile desteklenerek beslenen hindilerin dışkısında belirlenen fosfor (A) ve kalsiyum (B) düzeyleri (mg/kg kuru madde)

Sütunlar ortalama değerleri, dikey hata çubukları standart hatayı (SEM) göstermektedir. Farklı harfler, gruplar arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları ifade etmektedir ($p < 0.05$).

Şekil 4.5 incelendiğinde, Farklı besleme gruplarının dışkı fosfor (P) ve kalsiyum (Ca) düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu görülmektedir ($p < 0.05$). Elde edilen sonuçlara göre, en yüksek dışkı fosfor düzeyi arpa merası ile beslenen grupta belirlenmiş ve bu grubun ortalama P değeri 19.92 mg/kg kuru madde olarak hesaplanmıştır. Buna karşılık, en düşük dışkı fosfor düzeyi hidroponik arpa ile beslenen grupta saptanmış olup, ortalama P miktarı 7.703 mg/kg kuru madde olarak belirlenmiştir. Kalsiyum açısından değerlendirildiğinde, en yüksek dışkı Ca düzeyi arpa merası grubunda (27.77 mg/kg kuru madde) tespit edilirken, en düşük değer ıslatılmış dane arpa grubunda (6.608 mg/kg kuru madde) belirlenmiştir.

5. TARTIŞMA

5.1. Performans Değerlendirmesi

5.1.1. Canlı Ağırlık ve Canlı Ağırlık Kazancı

Çizelge 4.1'deki canlı ağırlık değerleri incelendiğinde, denemenin orta dönemine kadar (13. hafta) gruplar içerisinde cinsiyetler arası farklılığın belirgin düzeyde ortaya çıkmadığı görülmektedir. Bu durum, söz konusu dönemde hindilerin henüz palaz gelişim evresinde bulunmaları ve cinsiyete bağlı büyüme farklılıklarının tam olarak belirginleşmemiş olması ile açıklanabilir. Dolayısıyla, denemenin ilk yarısında grup $\times$ cinsiyet birlikte etkisinin sınırlı düzeyde olduğu söylenebilir.

Deneme sonu canlı ağırlık değerleri değerlendirildiğinde ise, hindilerin yetişkinlik dönemine ulaşmasıyla birlikte cinsiyetler arası performans farklılıklarının daha belirgin olduğu, ancak cinsiyet gözetilmeksizin gruplar arasında istatistiksel açıdan belirgin bir farklılık oluşmadığı belirlenmiştir. Bu bulgu, farklı arpa formlarına dayalı besleme uygulamalarının nihai canlı ağırlık üzerinde 5 aylık besi süresi sonunda her üç grupta benzer bir adaptasyon düzeyi sağladığını düşündürmektedir.

Bununla birlikte, deneme sonunda cinsiyetler arasındaki canlı ağırlık farklarının gruplara göre dağılımının daha belirgin hale geldiği ve özellikle mera grubunda erkek ve dişi hindiler arasındaki farklılığın daha açık biçimde ortaya çıktığı dikkat çekmektedir. Bu durum, mera temelli besleme sistemlerinde cinsiyete bağlı büyüme potansiyelinin daha net şekilde yansıtılabildiğini ve erkek hindilerin bu sistemde daha yüksek canlı ağırlık değerlerine ulaşabildiğini göstermektedir.

Canlı ağırlık artışına ilişkin bulgular değerlendirildiğinde, tüm dönemlerde erkek hindilerin dişilere kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek performans sergilediği belirlenmiştir. Bu bulgu, farklı yetiştirme sistemlerinde (entansif, yarı entansif ve ekstansif) yetiştirilen Amerikan Bronz hindilerinde erkek bireylerin tüm dönemlerde dişilere kıyasla daha yüksek canlı ağırlığa ulaştığını bildiren Arslan ve Çetin (2023) ile uyumlu olup, cinsiyetler arasındaki farkların enerji kullanım etkinliği ve cinsiyete bağlı metabolik büyüklük kapasitesiyle ilişkili olduğu ifade edilmektedir. Benzer şekilde, Rivera-Torres vd. (2011), ticari hindilerde yürüttükleri çalışmada cinsiyete bağlı büyüme farklılıklarının özellikle orta ve geç büyüme dönemlerinde belirginleştiğini ve erkek bireylerin daha yüksek canlı ağırlık artışı sergilediğini rapor etmişlerdir. Tůmová vd. (2020) da Hybrid Converter hindilerinde erkeklerin tüm büyüme evrelerinde dişilere kıyasla daha yüksek canlı

ağırlık ve karkas gelişimi gösterdiğini bildirmişlerdir. Bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, erkek hindilerin besi döneminde daha avantajlı olacağı yönündeki görüşü bir kez daha desteklemektedir (Karki, 2005). Benzer şekilde, çalışmamızda da T2 ve T3 dönemlerinde cinsiyetlere bağlı canlı ağırlık farklılıkları istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4.2).

Deneme düzeninde hindi palazlarının başlangıç canlı ağırlıklarının benzer olacak şekilde gruplara dağıtılması sayesinde ilerleyen dönemlerde cinsiyete bağlı değişimler daha belirgin bir şekilde izlenmiştir. Bu belirgin değişimler özellikle mera grubundaki erkekler açısından daha gözle görülebilir düzeyde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.2; grupxcinsiyet birlikte etkisi-mera*cinsiyet). Bu konuda daha önceden yapılan çalışmalarda bunu desteklemektedir (İnci, 2020; Arslan ve Çetin, 2023). Bu çalışmalarda ifade edildiği gibi erken dönemde çok belirgin olmayan cinsiyet farklılıkları, besleme periyodu ilerledikçe mevcut çalışmamızda özellikle 3-4. haftadan sonra mera koşulları, artan hareket düzeyi ve cinsiyete bağlı fizyolojik farklılıkların etkisiyle büyüme performansına ilişkin farklılıkların belirgin hâle geldiği görülmüştür.

Çizelge 4.2’de T1 döneminde, cinsiyet dikkate alınmaksızın grup ortalamaları değerlendirildiğinde, hidroponik arpa ve ıslatılmış dane arpa gruplarının daha yüksek CAK değerleri ile öne çıktığı görülmüştür. Bu durum, Baye vd. (2024) tarafından hidroponik arpa yeşil yeminin %3.5–10.5 düzeylerinde kullanımının ve Babiker vd. (2024) tarafından filizlendirilmiş (%20) ve çimlendirilmiş (%5) arpa formlarının canlı ağırlık artışını olumlu etkilediğinin bildirildiği bulgularla uyumludur. Bununla birlikte, bu gruplarda bu etkinin T2 ve T3 dönemlerinde özellikle erkek bireylerde ortadan kalktığı; hidroponik arpa ve ıslatılmış dane arpa gruplarındaki erkek hindilerin benzer canlı ağırlık kazançları sergilediği, buna karşılık arpa merası grubunda dişi hindiler aleyhine belirgin bir değişimin ortaya çıktığı belirlenmiştir. Bu sonuç, dişi hindilerin daha öncede ifade edildiği gibi erkek bireyler kadar mera koşullarına uyum sağlayamadığını göstermektedir. Söz konusu durum, erkek hindilerin dişilere göre daha yüksek adaptasyon kapasitesine sahip olmalarıyla açıklanabilir (Taylor vd., 2017)

Mera temelli sistemlerde gözlenen bu performans sınırlaması, Ahizo vd. (2023) tarafından bildirilen bulgularla da örtüşmektedir. Söz konusu çalışmada, bitirme döneminde ticari yemin %50 oranında kısıtlanarak meraya erişim sağlanan grupta canlı ağırlık artışının, kapalı ve serbest beslenen gruba kıyasla azaldığı; bu durumun yem kısıtlaması ve meraya geçiş sonrası artan fiziksel aktiviteye bağlı

enerji harcamasıyla ilişkili olduğu ifade edilmiştir.

Çalışmamızda da gündüz saatlerinde merada otlatma ve gece kesif yem uygulamasına dayalı besleme stratejisinin, özellikle ilerleyen dönemlerde canlı ağırlık kazancı üzerinde sınırlayıcı bir etki oluşturduğu düşünülmektedir. Şişman ve Tilki (2024), mera temelli ve mera destekli besleme sistemlerinde erkek bireylerin dişilere kıyasla daha yüksek büyüme performansı sergilediğini ve cinsiyetin mera ağırlıklı yetiştirme sistemlerinde önemli bir belirleyici olduğunu bildirmiştir. Bu sonuçlar, mera temelli besleme sistemlerinde cinsiyet faktörünün performans değerlendirmelerinde mutlaka dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

5.1.2. Günlük Yem Tüketimi

Çizelge 4.3'te günlük yem tüketimi verileri değerlendirildiğinde, T1, T2 ve T3 dönemlerinin tamamında en yüksek günlük yem tüketiminin hidroponik arpa ile desteklenen grupta gerçekleştiği görülmüştür. Bu durum, hidroponik yemlerin yumuşak dokusu, çalışma boyunca yüksek miktarda tercih edilmesi nedeniyle gözlenen lezzetliliğinin yem tüketimini teşvik etmesiyle ilişkilendirilmektedir. Bu durum Hassan, (2020) ve Sobur vd., (2025) tarafından da ifade edilmektedir. Özellikle danedeki nişastanın ve bazı antinutrisyonel faktörlerin (örneğin β glukan, fitik asit) çimlenme esnasında enzimatik olarak basit bileşenlere parçalanması, yemlerin lezzetini ve metabolik kullanılabilirliğini artırarak tüketimi teşvik etmektedir (Kumar Naik vd., 2020). Bu bulgularla uyumlu olarak, Al-Kanaan (2022), hidroponik arpa yeşil yeminin broyler rasyonlarında %10 düzeyinde kullanımının yem tüketimini artırdığını, ancak %20 düzeyinde kullanımın bu etkiyi sınırlandırdığını; Talalay vd. (2020) ise rasyonlara %15–20 oranlarında hidroponik arpa ilavesinin yem tüketimini artırdığını bildirmiştir. Buna karşılık, en düşük günlük yem tüketimi T1 döneminde ısıtılmış dane arpa grubunda muhtemelen bu dönemde henüz palaz döneminde olmalarından, T2 ve T3 dönemlerinde ise arpa merası grubunda gözlenmiştir.

Arpa bazlı rasyonların içerdiği nişasta dışı polisakkaritler, özellikle β -glukanlar, sindirim sistemi viskozitesini artırarak yem tüketimini ve besin maddelerinin kullanılabilirliğini sınırlandırabilmektedir (Jacob ve Pescatore 2012; Afifian Tehrani vd., 2024). β -glukanların bağırsak içeriğinin viskozitesini artırarak sindirim kanalındaki geçişi yavaşlatması, özellikle yüksek kullanım düzeylerinde performans üzerinde baskılayıcı etki oluşturmaktadır (Bist vd., 2024). Her ne kadar maya, mantar ve bazı tahıllardan elde edilen β -glukanların bağışıklık sistemi üzerinde olumlu etkileri bulunsa da, arpanın yüksek düzeyde kullanımı kanatlılarda sindirim etkinliğini ve performansı olumsuz etkileyebilmektedir (Jacob ve Pescatore,

2014; Schwartz ve Vetvicka, 2021;). Bu bulgularla uyumlu olarak, Al-Bayati (2023), etlik piliç rasyonlarına artan düzeylerde (%15, %30 ve %45) normal ve filizlendirilmiş arpa ilavesinin yem tüketimi ve performans üzerine etkilerini incelediği çalışmasında, rasyondaki arpa seviyesinin yükselmesine bağlı olarak canlı ağırlık ve canlı ağırlık artışının olumsuz etkilendiğini, özellikle %45 arpa içeren rasyonlarda performansın belirgin şekilde düştüğünü bildirmiştir. Araştırmacı, yüksek arpa düzeylerinde ince bağırsak viskozitesinin arttığını ve buna bağlı olarak sindirim etkinliğinin ve enerji kullanımının sınırlandığını ifade etmiştir.

T1 döneminin, civciv büyüme ve adaptasyon sürecini de kapsamı nedeniyle, bu dönemde sindirim sistemi henüz tam olarak gelişmemiş olan palazların, özellikle dane formundaki arpayı yeterli düzeyde tüketememiş olabilecekleri düşünülmektedir. Bu durum, arpa bazlı rasyonların erken yaşta uygulanmasının yem tüketimi üzerinde sınırlayıcı etkiler oluşturabileceğini bildiren Afifian Tehrani vd. (2024) bulgularıyla uyumludur. Mevcut çalışmamızda işlenmemiş dane arpa kullanımının yem tüketimini düşürme etkisi tekrar kendisini göstermiştir.

T1 döneminin daha çok palaz dönemini içermesi nedeniyle çalışmanın sonuçlarının yorumlanmasında T2 ve T3 dönemlerinde hindilerin ortaya koyduğu tepkilerin istatistiksel açıdan daha anlamlı ve değerlendirmeye daha elverişli olduğu düşünülmektedir. T2 ve T3 dönemlerinde en düşük günlük yem tüketiminin mera grubunda gözlenmiş olması, mera bitkilerinin büyüme ve olgunlaşma süreciyle birlikte artan selüloz içeriğiyle de ilişkilendirilebilir. Kanatlıların yüksek selülozlu yem maddelerini sindirme kapasitelerinin sınırlı olduğu ve selüloz bakımından zengin bitkisel materyallerin yem tüketimi ile performansı olumsuz etkileyebileceği bildirilmektedir (Sebola vd., 2019). Çalışmamızda elde edilen saha gözlemleri, mera temelli besleme sistemlerinde bitki materyalinin otlatmaya uygun hale gelmesinin tek başına yeterli olmadığını, hayvanın fizyolojik ve davranışsal olgunluğunun da performans üzerinde belirleyici bir rol oynadığını ortaya koymuştur. Arpa merasının erken dönemde gelişmiş olmasına rağmen, yaklaşık 25–40 günlük yaşlardaki hindilerin mera materyalini etkin şekilde değerlendirememesi, genç palazların kaba yem kaynaklarına adaptasyon kapasitesinin sınırlı olduğunu göstermektedir.

Buna karşılık, yaklaşık 60 günlük yaşa ulaşan hindilerde arpa otunun daha etkin tüketilebildiği ve meradan yararlanma düzeyinin belirgin şekilde arttığı gözlenmiştir. Bu durum; sindirim sisteminin gelişimi, taşlık fonksiyonlarının olgunlaşması ve gagalama–koparma davranışlarının yaşla birlikte gelişmesiyle

ilişkilendirilebilir. Dolayısıyla, çalışmanın erken dönemlerinde mera grubunda gözlenen yem tüketim düşüklüklerinin mera bitkisinin besin değerinden ziyade hayvan–mera yaş uyumsuzluğundan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ponte vd. (2008), serbest gezen broylerler üzerinde yürüttükleri çalışmada, tahıl bazlı yem tüketimi kısıtlanması durumunda broylerlerin mera otlarına yöneldiğini; ancak mera otlarının selüloz oranının yüksek olması ve besin değerinin sınırlı olması nedeniyle toplam yem tüketiminin azaldığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda hidroponik arpa grubunda daha yüksek yem tüketiminin gözlenmesi, hidroponik yöntemle elde edilen arpa otlarının kısa sürede (7–10 gün) hasat edilmesi nedeniyle yumuşak, taze ve tüketilebilir bir yapıya sahip olmasıyla açıklanabilir (Sobur vd., 2025). Ayrıca taze yeşil hasıl verme süreci deneme boyunca her 7 veya 10 günün sonunda tekrar etmiştir. Buna karşılık mera ortamında yetiştirilen arpa otlarının yaklaşık bir–iki ay süren bir büyüme ve olgunlaşma sürecine sahip olması, yaprak yapısının sertleşmesine ve selüloz oranının artmasına neden olmakta; bu durum kanatlıların söz konusu bitkileri tercih etme ve sindirme düzeylerini sınırlandırmaktadır (Spencer, 2013; Sebola vd., 2019).

Baye vd. (2024), hidroponik arpa yeminin çekici görünüm ve lezzet özellikleri sayesinde piliçlerde yem tüketimini artırdığını; ayrıca yüksek nem içeriğinin sindirimi kolaylaştırarak besin maddelerinin daha hızlı parçalanmasını ve emilimini desteklediğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda da hidroponik arpanın köküyle birlikte sunulmasının, kök kısmında bulunan lezzet ve çekiciliği artırıcı unsurların etkisiyle yem tüketimini olumlu yönde etkilediği; deneme süresince hindilerin özellikle çimlenmiş arpanın kök kısmına belirgin şekilde daha fazla ilgi gösterdikleri gözlemlenmiştir. Ayrıca bölgemiz sıcak koşulları nedeniyle yüksek nemli yemlerin termal konfor sağlayarak vücut ısını artırmadan daha rahat tüketilebilmesi mevcut çalışmamızın sonucunu destekleyen diğer bir bulgudur.

Hassan (2020), filizlenmiş arpa tanelerinin ördeklerde yem tüketimini artırdığını; Dastar vd. (2014) ise rasyondaki arpanın %33'ünün çimlendirilmiş arpa ile değiştirilmesinin broyler civcivlerinde yem tüketimini anlamlı düzeyde artırdığını bildirmiştir. Araştırmacılar bu etkinin, çimlendirme süreciyle birlikte arpadaki β -glukan içeriğinin azalmasına ve buna bağlı olarak sindirim sistemi viskozitesinin düşmesine bağlı olduğunu ifade etmişlerdir. Bu bulgular, çimlendirme ve filizlendirme işlemlerinin β -glukan düzeyini azaltarak sindirim kanalındaki geçiş hızını artırdığını bildiren önceki çalışmalarla da örtüşmektedir (Zohrabi vd., 2024). Çalışmamızda yem tüketimin artmasını açıklayan diğer bir mekanizma ise bu

antinutrisyonel faktörlerin eliminasyonu olabilir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, hidroponik ve filizlendirilmiş tahılların kanatlı rasyonlarında tam yem yerine bazal rasyonları tamamlayıcı ve kontrollü düzeylerde kullanılması durumunda, günlük yem tüketimi ve sindirim fizyolojisi açısından daha dengeli bir besleme yaklaşımı sunduğu; buna karşılık yüksek selüloz ve düşük enerji yoğunluğuna bağlı olarak yüksek kullanım düzeylerinin yem tüketimi ve performansı sınırlandırabileceği anlaşılmaktadır. Çalışmamızda elde edilen bulgular da, hidroponik arpanın bazal rasyonla birlikte ve uygun düzeylerde kullanılması hâlinde günlük yem tüketimini artırarak besleme etkinliğini destekleyebileceğini göstermektedir.

5.1.3. Yemden Yararlanma Oranı

Çizelge 4.4'te yemden yararlanma oranları (YYO) incelendiğinde, T1 döneminde en düşük (en iyi) YYO'nun ıslatılmış dane arpa grubunda, en yüksek YYO'nun ise mera ve hidroponik arpa gruplarında olduğu belirlenmiştir. Islatılmış dane arpa grubunda YYO'nun daha iyi seyretmesi, bu gruptaki hindilerde canlı ağırlık kazancına göre yüksek, buna karşılık yem tüketiminin daha önceden de ifade edildiği gibi daha düşük olmasına bağlanmaktadır.

T1 döneminde ıslatılmış dane arpalı yemlerin henüz palaz aşamasında olan hindiler tarafından yeterli düzeyde tüketilemediği veya tüketimini baskıladığı için bunun yemden yararlanma oranının iyileşmesine katkı sağlamış olabileceği düşünülmektedir. Bu bağlamda, bağırsak viskozitesinin arpa bazlı rasyonlarla beslenen genç kanatlı hayvanlara kıyasla, yetişkin kanatlılarda başlıca sınırlayıcı bir faktör olmadığı şeklinde açıklanabilir (Almirall vd., 1995; Jacob ve Pescatore, 2014). Genç kanatlıların sindirim sistemlerinin henüz tam olarak gelişmemiş olması, yüksek selüloz ve özellikle β -glukan içeriğine sahip yemlere karşı daha fazla hassasiyet göstermelerine neden olurken; yaş ilerledikçe sindirim sistemi fonksiyonları ve adaptasyon kapasitesinin artmasıyla birlikte selüloz ve buna bağlı digesta viskozitesi etkilerinin daha iyi tolere edildiği ve besin maddelerinden yararlanma kapasitesinin yükseldiği bildirilmektedir (Rotter vd., 1990; Getahun ve Yemane, 2025).

Bu durum, arpa bazlı rasyonlarla beslenen broylerlerde yaşla birlikte bağırsak viskozitesinin azaldığını gösteren bazı çalışmalarda da doğrulanmaktadır (Bautil vd., 2019; Karunaratne vd., 2021). Bu bulgular, Bedford'un (2018), viskozite mekanizmalarının sadece verilen tahıla bağlı olarak değil, aynı zamanda kanatlıların yaşına göre de yeniden değerlendirilmesi gerektiği yönündeki önerisini

desteklemektedir. Çalışmamızda özellikle T1 döneminde elde edilen sonuçlar, bu yaklaşım ile uyum göstermektedir (Çizelge 4.4).

T2 ve T3 dönemlerinde en iyi YYO'nun mera grubundaki erkek bireylerde, en kötü YYO'nun ise mera ve hidroponik arpa gruplarındaki dişi bireylerde belirlenmesi, yaşa bağlı fizyolojik adaptasyonun yanı sıra cinsiyet kaynaklı büyüme hızı ve yemden yararlanma farklılıklarının da etkili olabileceğini düşündürmektedir. Erkek hindilerin daha yüksek canlı ağırlık artışı potansiyeline sahip olması, mera koşullarında doğal yem materyallerinden daha etkin yararlanabilmeleriyle birleştiğinde YYO üzerinde olumlu bir etki oluşturmuş olabileceği düşünülmektedir.

Tüm dane kullanımının sindirim sistemi üzerine etkileri değerlendirildiğinde, taşlık aktivitesini artırarak sindirimi yavaşlattığı, buna bağlı olarak yem tüketimini azalttığı ve yemden yararlanma oranını iyileştirebildiği bildirilmektedir (Svihus, 2011). Bu bulgu, çalışmamızda ısıtılmış dane arpa grubunda gözlemlenen düşük yem tüketimi ve buna bağlı olarak iyileşen yemden yararlanma oranını destekler niteliktedir. Bununla birlikte, literatürde tüm dane arpanın orta ve yüksek düzeylerde kullanımının, özellikle bitirme dönemlerinde, β -glukan kaynaklı viskozite artışı nedeniyle yemden yararlanmayı olumsuz etkileyebildiği de rapor edilmiştir (Teymouri vd., 2018; Viliene vd., 2022). Ancak bu olumsuz etkinin, nişasta dışı polisakkaritleri (NSP) parçalayıcı enzim ilavesi veya uygun işleme yöntemleri ile önemli ölçüde azaltılabildiği belirtilmektedir.

Mera destekli besleme uygulamalarının YYO üzerindeki olumlu etkileri, farklı kanatlı türlerinde yürütülen çalışmalarda bildirilmiştir. İnci (2020), beyaz hindilerde yürüttüğü çalışmada en iyi YYO'nun %50 yem (toplam tüketimin yarısı kadar kesif yem) + mera uygulanan yarı entansif grupta elde edildiğini ve bu durumun konsantre yem tüketiminin sınırlandırılmasına karşın mera kaynaklı doğal yem materyalinin tamamlayıcı rol üstlenerek canlı ağırlık artışının kabul edilebilir düzeyde korunmasıyla ilişkili olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada hindiler 8. haftada meraya çıkarılmış olduğu ifade edilmiş ve bu bulgu kendi çalışmamızda da aynı dönemde gerçekleşmiştir. Çünkü otlatma olgunluğu açısından hindilerin bu yaşta otlamaya daha uygun olabileceği bulgusunu desteklemiştir. Benzer şekilde Zhang vd. (2024), Yangzhou kazlarında farklı besleme modellerini karşılaştırmışlar ve dönemsel farklılıklar görülmekle birlikte, toplam deneme süresi dikkate alındığında en iyi YYO'nun tam pelet + mera/ot takviyesi uygulanan grupta elde edildiğini bildirmiştir. Ayrıca Şişman ve Tilki (2024), yerli Türk kazlarında mera destekli besleme uygulamalarının yemden yararlanmayı iyileştirdiğini; buna karşın yalnızca

konsantre yemle beslemenin daha yüksek yem tüketimine rağmen daha zayıf bir yemden yararlanma ile sonuçlandığını ve bu durumun mera kaynaklı doğal yem materyalinin konsantre yem kullanımını dengeleyerek aşırı yem tüketimine bağlı verim kayıplarını sınırlamasıyla açıklanabileceğini bildirmiştir. Çalışmamızda T2 ve T3 dönemlerinde mera grubunda elde edilen sonuçlar, söz konusu literatür bulgularıyla uyumlu görünmektedir.

Arpa bazlı rasyonlarda yemden yararlanmayı sınırlayan temel faktörlerden birinin β -glukan kaynaklı artan sindirim içeriği viskozitesi olduğu; buna karşılık arpanın ıslatılması, öğütme derecesinin ayarlanması veya NSP-parçalayıcı enzim ilavesi gibi stratejilerle bu etkinin önemli ölçüde azaltılabildiği bildirilmektedir (Afifian Tehrani vd., 2024; Abd ve Hammod, 2025; Itani vd., 2025). Özellikle ıslatma işleminin çözünür β -glukanların viskozite artırıcı etkisini azaltarak besin maddesi biyoyararlanımını iyileştirdiği ve bunun yemden yararlanma oranına olumlu yansıdığı ifade edilmektedir (Hosseini vd., 2022). Çizelge 4.3'te de görüldüğü gibi özellikle dişilerde ıslak dane desteği YYO nun biraz daha iyileşmesine sebep olmuştur. Bu bağlamda, çalışmamızda ıslatılmış dane arpa grubunda belirlenen daha düşük yem tüketimi ve daha iyi YYO değerleri, mevcut bilimsel bulgularla tutarlı bulunmuştur.

Yeme katılan tüm dane materyaller, genel olarak kanatlı hayvanlarda daha çok kaz ve hindi gibi büyük kanatlılarda yem maliyetini azaltmak ve yem tüketimini sınırlamak amacıyla kullanılmaktadır (Singh vd., 2014). Buna ek olarak, çalışmamızda tüm danelerin ayrıca ıslatılması sonucunda dane hacminde yaklaşık %45 oranında bir büyüme meydana gelmiş ve bu durumun ilgili gruplarda yem tüketiminin azalmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, çalışmamızda yem tüketimleri, çimlenmiş ve ıslak arpanın gerçek tüketimlerini yansıtmak amacıyla kuru madde bazında sunulmuştur. Hindi ve kaz besiciliği yapan çiftçiler, yüksek yem tüketimini kontrol altına almak amacıyla, daneleri ıslatıp bir gün beklettikten sonra yeme ilave etmektedirler.

5.1.4. Kesim Karkas ve İç Organ Değerlendirmesi

Çalışmada hindiler 2 haftalık yaştan itibaren besiye alınmış ve 22 haftalık yaşta kesim işlemi gerçekleştirilmiştir. Bulgular, çalışmanın yürütüldüğü bölgenin iklimsel ve yetiştirme koşulları altında 22 haftalık sürenin hindi besiciliği açısından uygun yetiştirme süresi olduğunu ortaya koymuştur. Besi süresinin 22 haftalık yaşta bitirilmesinde arpa merasının hindi rasyonunda kullanım etkinliğinin düşük olmasıyla da ilişkilendirilebilir. Arpa merası tesisinde ve hidroponik arpa üretiminde

besi döneminin sonuna doğru çimlenmeme sorunlarının ortaya çıkması nedeniyle deneme 22 haftalık yaşta sonlandırılmıştır. Bu yaştan sonra canlı ağırlık artış hızında yavaşlama gözlenmiş ve canlı ağırlık kazancının daha düşük bir eğilimle devam ettiği belirlenmiştir. Bu durum, söz konusu dönemden sonraki arpa hasılı ile besleme açısından besi süresinin ekonomik verimliliğinin sınırlı olacağını düşündürmektedir. Çünkü denemenin son döneminde çevre sıcaklıklarının 36–42 °C gibi yüksek değerlere ulaşması hem hayvan performansını hem de çimlenmiş arpa üretim sürecini olumsuz yönde etkilemiştir. Yüksek sıcaklıkların hidroponik ve mera temelli sistemlerde çimlenme sürecinde aksamalara yol açması, canlı ağırlık artışında gözlenen duraksamanın yalnızca fizyolojik sınırlamalarla değil, aynı zamanda çevresel stres faktörleriyle de ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, arpa merası hasılı ve çimlendirilmiş arpa ile yürütülen besi uygulamalarında Şanlıurfa bölgesinde hindi besisine başlama açısından yılın erken dönemlerinde başlamanın (Aralık-Ocak) daha verimli olduğunu ortaya koymuştur.

Besleme grupları arasında, abdominal yağ ağırlığı hariç, karkas ve iç organ ağırlıkları bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Ancak cinsiyetler arasında bu parametrelerde anlamlı farklılıklar saptandığından, değerlendirmeler yalnızca cinsiyetler arasındaki farklılıklar göz önünde bulundurularak yapılmıştır (Şekil 4.2). Burada konunun daha iyi anlaşılması için tablo yerine diyagram şeklinde verilmesi daha uygun görülmüştür. Çalışmamızda elde edilen bulgular, farklı arpa formları ve cinsiyetin, hindilerde abdominal yağ birikimi üzerinde belirgin etkilere sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Yapılan karşılaştırmalar sonucunda, en yüksek abdominal yağ oranı hidroponik arpa grubundaki dişi hindilerde tespit edilmiştir (Şekil 4.3). Bu durum, söz konusu grubun T1, T2 ve T3 dönemlerinde artan yem tüketimi ile dişilerin fizyolojik özelliklerine bağlı olarak daha yüksek bir yağ depolama eğilimine sahip olduğunu düşündürmektedir. Hidroponik arpa gruplarında yem tüketiminin diğer gruplara kıyasla daha fazla olması, bu gruplarda enerji alımının artmasına ve dolayısıyla abdominal yağ birikiminin yükselmesine yol açmış olabilir.

Dastar vd. (2014), farklı oranlarda hidroponik arpa ile beslenen broylerlerde benzer şekilde abdominal yağ oranının anlamlı düzeyde arttığını; bu artışın, hidroponik arpa üretim sürecinde β -glukan içeriğinde meydana gelen azalmaya bağlı olarak yağların sindirimi ve emiliminin artmasından kaynaklandığını bildirmişlerdir. Buna karşılık, Talalay vd. (2020), etlik piliç rasyonlarına kurutulup öğütülmüş hidroponik arpa yemin %15 ve %20 oranlarında ilave edilmesinin, özellikle %20

düzeyinde olmak üzere abdominal yağ oranını azalttığını rapor etmişlerdir. Ancak söz konusu çalışmada hidroponik yem, rasyona kontrollü oranlarda ve kurutulmuş formda dahil edilmiş olup, hayvanların yaş ve tür özellikleri de dikkate alındığında, bu farklılığın yem formu, kullanım düzeyi ve metabolik yanıtlar arasındaki farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Öte yandan, en düşük abdominal yağ değerleri arpa merası, hidroponik arpa ve ıslatılmış dane arpa ile desteklenen erkek hindilerde ile arpa merası grubundaki dişi hindilerde belirlenmiştir. Arpa merası grubundaki erkek hindilerde gözlenen daha düşük abdominal yağ oranı, bu hayvanların dış alanı daha aktif kullanmaları ve selüloz bakımından zengin, enerji yoğunluğu düşük mera kaynaklarıyla beslenmeleri sonucunda merada aktif olan erkelerin daha çok enerji harcamaları ile ilişkilendirilebilir.

Bu bulgular, mera temelli besleme sistemlerinin abdominal yağ birikimini sınırlayıcı etkisini ortaya koyan önceki çalışmalarla paralellik göstermektedir. Kaya ve Yurtseven (2021) tarafından Linda kazları üzerinde yürütülen bir çalışmada, mera destekli besleme sisteminde yetiştirilen kazların, yoğun yemle beslenen gruplara kıyasla daha düşük abdominal yağ birikimi ve karkas ağırlığına sahip olduğu bildirilmiştir. Benzer şekilde Ran vd. (2021), mera koşullarında yetiştirilen Swan kazlarında yalnızca mera ile beslenen grupta abdominal yağ oranının en düşük düzeyde belirlendiğini; konsantre yemle desteklemenin büyüme performansını artırmasına karşın, rasyonun metabolik enerji düzeyi arttıkça abdominal yağ birikiminin de arttığını rapor etmişlerdir. Ayrıca Tůmová vd. (2024), broylerde serbest yemlemeye kıyasla erken dönem yem kısıtlaması ve özellikle buna eklenen mera erişiminin abdominal yağ oranını belirgin biçimde azalttığını ve en düşük değerlerin kısıtlama + mera uygulanan grupta elde edildiği belirtilmiş ve bu etkinin, yem kısıtlamasına bağlı olarak hepatik lipogenezin baskılanması ve yağ asidi oksidasyonunun artmasıyla ilişkili olabileceği vurgulanmıştır.

5.2. Arpa Formlarına Bağlı Antinutrisyonel Faktörlerdeki Değişimlerin (β -glukan ve Fitik asit) Değerlendirilmesi

Deneme gruplarındaki farklılıkları değerlendirmek amacıyla, arpa formlarındaki antinutrisyonel faktörler analiz edilmiştir.

Farklı arpa versiyonları arasında kuru dane arpa ve ıslatılmış dane arpada en yüksek beta-glukan düzeyleri tespit edilirken, en düşük beta-glukan içeriği mera arpası ve hidroponik arpa grubunda belirlenmiş ve bu iki grup arasında da

istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p < 0.05$). Fitik asit düzeyleri bakımından en yüksek değer ıslatılmış dane arpada en düşük değer ise mera arpada gözlenmiştir. Bu bulgular, arpada bulunan antinutrisyonel faktörlerin çimlendirme (Rico vd. 2020) veya toprakta yetiştirme gibi işlemlerle önemli ölçüde azaltılabileceğini göstermektedir. Bu açıdan bakıldığında hidroponik arpa verilen gruplarda yem tüketimindeki artışın, bazı antinutrisyonel faktörlerin azalmasıyla ilişkilendirilebileceği düşünülmektedir. Ancak, aynı etkinin mera arpasında gözlenmemesi, meradaki arpanın çimlenmiş arpaya kıyasla daha sert yapısına bağlanabilir. Çimlenme sırasında oluşan enzimatik süreçlerin β -glukan yapısını ($1 \rightarrow 3$) ve ($1 \rightarrow 4$)- β bağlantıları üzerinden parçaladığı, dolayısıyla hücre duvarı elementi olan bu bileşiğin azalmasına yol açtığı bilinmektedir (Jacop ve Pescatore, 2014). Hidroponik üretim sırasında gözlemlenen kök yoğunluğunun β -glukan düzeylerindeki azalmanın önemli nedenlerinden biri olabileceği düşünülmektedir; çünkü enzimatik faaliyetlerin büyük ölçüde kök bölgesinde gerçekleştiği bilinmektedir.

Fitik asit, fosforun bağlı bir formu olup çimlenme ile yalnızca sınırlı ölçüde azalmakla birlikte, çalışmamızda gözlemlenen %77'lik azalma, fosforun biyoyararlılığının artırılması açısından dikkate değerdir. Bu doğrultuda, bazı araştırmalar, çimlenme sürecinin fitaz enzimi aktivitesini artırarak fosfor kullanımını iyileştirebileceğini bildirmektedir (Lemmens vd., 2019; Bouajila vd., 2020; Elliott vd., 2022). Hidroponik arpa ile beslenen grupların dışkılarında fosfor düzeylerinde tespit edilen düşüş, bu durumun somut bir göstergesi olmuştur. Çünkü fitik asidin parçalanması ile fosforun kullanılabilirliği artmıştır. Öte yandan, bu etkinin mera otlarında gözlemlenmemesi, muhtemelen mera otlarının sınırlı tüketimi ve kaba yapısının sindirilebilirliği azaltması ile ilişkilendirilmektedir.

Her ne kadar ıslatma işleminin fitik asit düzeylerinde %2–58 oranında bir azalmaya yol açtığı bildiriliyor olsa da, bazı araştırmalar bu azalmanın fitaz aktivitesindeki artışla ilişkili olmadığını ortaya koymuştur. Bu bulgu, fitatın enzimatik olarak parçalanmasından ziyade ıslatma suyuna sızması nedeniyle azalmanın gerçekleştiğini düşündürmektedir (Poorvisha vd., 2020). Lemmens vd. (2019), buğdayın 40 °C sıcaklıktaki suyla 8 saat süreyle ıslatılması sonucunda fitik asit içeriğinin 0.65 g/100 g'dan 0.47 g/100 g'a düştüğünü bildirmişlerdir. Arif vd. (2011) ise arpa tanelerini 48 saat ıslatma ve ardından çimlendirme işlemine tabi tutmalarına rağmen fitik asit düzeyinde anlamlı bir değişim gözlemlenmemişlerdir. Benzer şekilde Afify vd. (2011), 20 saat süreyle ıslatılan sorgum tanelerinde fitik asit içeriğinde %32.4 oranında azalma gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda arpa

taneleri yalnızca kısa süreli (12 saat) ıslatmaya tabi tutulmuş, işlem sırasında herhangi bir sıcaklık uygulaması yapılmamış ve kullanılan arpa taneleri kabukları korunmuş halde değerlendirilmiştir. Bu koşullar altında ıslatma sonrası fitik asit düzeyinde kuru arpaya kıyasla gözlenen artışın yalnızca %4.16 gibi sınırlı bir oranla gerçekleşmesi, literatürde bildirilen önemli azalmalarla olan farklılığın büyük ölçüde çalışmamızdaki uygulama süresi, sıcaklık kullanımı ve kabuklu arpa materyalinin tercih edilmesi gibi yöntemsel faktörlerden kaynaklandığını düşündürmektedir. Dolayısıyla, ilgili çalışmalar arasındaki sonuç farklılıklarının ıslatma koşullarındaki bu değişkenlerle ilişkili olduğu görülmektedir.

Kuru arpa danelerinin özellikle kılçıklı yapısı, kanatlıların kursak ve yemek borusu bölgelerinde tahrişe yol açabilmekte olup, bu durum halk arasında sıkça dile getirilen bir sorun olarak bilinmektedir. Islatma işlemi, kuru arpa danelerindeki kılçıklı yapıların kısmen ortadan kaldırılmasını sağlayarak yem tüketimi ve sindirim konforu üzerinde olumlu etkiler sağlayabilir. Çalışmanın bulguları, ıslak arpa ile beslenen gruplarda gözlenen yem tüketim miktarlarının mera grubuna kıyasla bir miktar daha yüksek olmasının bu durumla ilişkili olduğunu göstermektedir.

5.3. Dışkı Fosfor ve Kalsiyum Atılımının Değerlendirilmesi

Farklı arpa formları ile beslenen hindi grupları arasında dışkı P ve Ca düzeyleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar saptanmıştır ($p < 0.05$). Buna göre, dışkı P ve Ca düzeylerinin en yüksek olduğu grubun arpa merası uygulaması olduğu, en düşük dışkı P düzeyinin hidroponik arpa grubunda, en düşük dışkı Ca düzeyinin ise ıslatılmış dane arpa grubunda tespit edilmiştir.

Mera grubunda dışkı Ca'nın yüksek olmasının başlıca nedeni, açık mera sistemlerinde hindilerin taş ve kireç taşı gibi ek kalsiyum kaynaklarını tüketmeleridir. Kireçtaşı formunda sağlanan yüksek kalsiyumun mide pH'sını artırdığı ve bu durumun besin emilimini olumsuz etkileyerek özellikle kalsiyumun yeterince emilememesine neden olduğu bildirilmektedir (Morgan vd., 2014; Anwar vd., 2016). Mide asiditesindeki azalma, kalsiyumun sindirim sistemindeki çözünürlüğünü ve emilimini azaltmakta; böylece metabolize edilemeyen fazla kalsiyumun dışkıyla atılımını artırmaktadır. Ayrıca rasyonla alınan aşırı kalsiyumun, sadece kalsiyumun değil, aynı zamanda fosfor gibi diğer makro-minerallerin emilimini de olumsuz yönde etkileyebileceği belirtilmektedir (Tamim vd., 2004; Lee vd., 2021). Bu durum, hayvan performansında düşüslere yol açabilmektedir (Paiva vd., 2013). Bu bulgularla uyumlu olarak, çalışmamızda mera grubu bireylerinde düşük canlı ağırlık, yem tüketimi ve yemden yararlanma oranlarının kaydedilmiş olmasıyla da

örtüşmektedir.

Çalışmamızda, hidroponik olarak çimlendirilmiş arpa ile beslenen grupta dışkı fosfor düzeylerinin en düşük, buna karşılık arpa merası grubunda daha yüksek bulunması, uygulanan yem materyallerinin fosforun biyoerişilebilirliği üzerindeki farklı etkileriyle açıklanabilir. Çimlendirme süreci sırasında artan endojen fitaz aktivitesiyle birlikte arpadaki fitik asit düzeyinin azalması, fosforun fitat formundan serbestleşerek sindirim sisteminde daha etkin kullanılmasını sağlamaktadır (Salarmoini vd., 2008). Buna bağlı olarak, hidroponik arpa grubunda fosforun vücutta değerlendirilme oranının artması, dışkıyla atılan fosfor miktarının azalmasına yol açmış olabilir. Buna karşılık, mera koşullarında yetiştirilen arpa bitkilerinin daha yüksek selüloz ve fitik asit içeriğine sahip olması ile birlikte, hindilerin taş ve kireç taşı gibi ek kalsiyum kaynaklarını tüketmeleri, kalsiyum–fosfor etkileşimini olumsuz yönde etkileyerek fosforun emilimini sınırlandırmış ve dışkıyla fosfor atılımını artırmış olabilir.

6. SONUÇLAR

Çalışmada hindiler 22 haftalık yaşta kesim işlemi gerçekleştirilmiştir. Bulgular, çalışmanın yürütüldüğü bölgenin iklimsel ve yetiştirme koşulları altında uygun besi süresi olarak 22 haftalık sürenin yeterli olduğunu ortaya koymuştur.

Performans parametreleri genel olarak değerlendirildiğinde, hidroponik ve ıslatılmış dane arpa uygulamalarının özellikle erken dönemde canlı ağırlık kazancını desteklediği; ancak ilerleyen dönemlerde besleme grupları arasındaki farkların azaldığı belirlenmiştir. Mera temelli besleme sisteminde ise performansın özellikle dişi hindilerde daha belirgin şekilde sınırlanması, bu sistemin cinsiyete bağlı adaptasyon farklılıklarından etkilendiğini göstermektedir. Erkek hindilerin farklı arpa formlarına daha iyi uyum sağladığı sonucuna varılmıştır.

Karkas ve iç organ özellikleri bakımından besleme grupları arasında genel olarak belirgin farklılıklar gözlenmemiştir. Bununla birlikte, hidroponik arpa grubunda dişi hindilerde abdominal yağ birikiminin daha yüksek bulunması, bu besleme formunun enerji alımı ve metabolik yanıtlar üzerinde etkili olabileceğine işaret etmektedir. Bu durum, hidroponik sistemlerde artan yem tüketiminin, özellikle dişi hindilerde yağ depolanmasını teşvik edebileceğini düşündürmektedir.

Antinutrisyonel faktörler açısından değerlendirildiğinde, çimlendirilmiş arpa formlarında (hidroponik ve mera) β -glukan ve fitik asit düzeylerinin daha düşük bulunması, çimlenme sürecinin bu bileşenleri azaltmadaki etkinliğini doğrulamaktadır.

Genel olarak çalışma sonuçları, hidroponik ve mera destekli yemlerin yüksek nem ve düşük kuru madde içerikleri nedeniyle tek başına kullanıldıklarında rasyonun enerji yoğunluğunu sınırlayabileceğini; buna karşılık bazal rasyonlarla birlikte düşük ve kontrollü düzeylerde kullanıldıklarında besin maddesi dengesini bozmadan performansı destekleyen tamamlayıcı yem bileşenleri olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir. Ayrıca hidroponik arpa üretiminde sınırlı su kullanımıyla kısa sürede yüksek miktarda yeşil biyokütle elde edilebilmesi, bu sistemin özellikle su kullanım verimliliği ve birim alandan elde edilen ürün miktarı bakımından avantaj sağlayabileceğini göstermektedir. Bu bulgular, söz konusu besleme yaklaşımlarının temel enerji kaynağı olmaktan ziyade, uygun zamanlama ve çevresel koşullar altında tamamlayıcı besleme stratejileri olarak ele alınmasının daha rasyonel olduğunu ortaya koymaktadır.

7. ÖNERİLER

Mera temelli besleme uygulamalarında, meraya çıkış zamanının hayvanların yaşına bağlı olarak planlanması büyük önem taşımaktadır. Çalışma süresince yapılan saha gözlemleri, 25–40 günlük palazların mera materyalinden etkin biçimde yararlanamadığını, buna karşılık yaklaşık 60 günlük yaştan itibaren meradan yararlanma düzeyinin belirgin şekilde arttığını ortaya koymuştur. Bu nedenle, erken dönemde meraya erişimin veya mera materyalinin rasyondaki payının sınırlı tutulması; ilerleyen dönemlerde ise hayvanların yaşına paralel olarak kademeli şekilde artırılması, daha dengeli ve verimli bir besleme yaklaşımı olarak değerlendirilebilir.

Arpa, genellikle serin iklim tahılı olarak bilinmekle birlikte, bu çalışmadan elde edilen bulgular doğrultusunda, başak oluşumunun hedeflenmediği koşullarda, arpanın otlatma amacıyla kış aylarından bahar başlarına kadar ekilip yetiştirilebileceği değerlendirilmektedir. Bu yaklaşımın, özellikle mera kaynaklarının sınırlı olduğu ve yaz döneminde doğal ot veriminin düştüğü bölgelerde, mera kullanımını destekleyici bir uygulama olarak ele alınabileceği düşünülmektedir.

Mera temelli besleme sistemlerinde performans parametrelerinin değerlendirilmesinde cinsiyet faktörünün göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Çimlendirilmiş arpa (hidroponik ve mera) ile yürütülecek besi uygulamalarında, erken yetiştirme dönemlerinin daha verimli olduğu göz önünde bulundurularak, besiye başlama zamanının Aralık–Ocak aylarına kaydırılması çevresel stres faktörlerinin azaltılması ve performansın iyileştirilmesi açısından uygun bir yaklaşım olabilir. Özellikle besinin 5 ay sürdüğü göz önüne alınırsa yüksek çevre sıcaklıklarının gözlemlendiği geç dönemlerde hem hayvan performansının hem de çimlenmiş yem üretim süreçlerinin olumsuz etkilenmesi, besleme programlarının mevsimsel koşullarla uyumlu şekilde planlanmasının önemini ortaya koymaktadır.

Hidroponik arpa üretiminde yüksek ve sürdürülebilir çimlenme başarısının sağlanabilmesi için, dormansi sürecini tamamlamış eski mahsul arpa tohumlarının tercih edilmesi uygun görülmektedir. Özellikle yaz aylarında yüksek çevre sıcaklıklarının çimlenme sürecini olumsuz etkileyebileceği dikkate alınarak, çimlenme ortamında nem kaybını azaltmaya yönelik önlemlerin (örneğin yüksek ağ veya file materyalleriyle kaplama uygulamaları) alınması uygun olacaktır. Ayrıca, tohumların çimlendirme öncesinde 5 saatlik ıslatma süresinin yeterli olduğu, zaman ve iş gücü açısından daha pratik bir uygulama sunduğu değerlendirilmektedir.

Hidroponik ve mera temelli yem materyallerinin yüksek nem ve düşük kuru madde içerikleri dikkate alındığında, bu yemlerin tek başına rasyonun temel enerji kaynağı olarak kullanılmasından kaçınılması gerektiği düşünülmektedir. Buna karşılık, söz konusu yem materyallerinin bazal rasyonlarla birlikte, düşük ve kontrollü düzeylerde tamamlayıcı yem bileşenleri olarak değerlendirilmesi, rasyonun enerji yoğunluğunu koruyarak performans kayıplarını önleyebilecek daha dengeli bir besleme stratejisi sunmaktadır.

Islatılmış arpa kullanımı, ek işlem gerektirmemesi ve uygulama kolaylığı nedeniyle pratik bir alternatif olarak değerlendirilebilir. Arazi imkânı bulunan işletmelerde ise mera sistemi, yem maliyetlerinin azaltılmasına katkı sağlayabilecek bir yetiştirme yaklaşımı olarak uygulanabileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- Abbas, B. A. (2023). Traditional and non-traditional feeds in poultry feeding: A review. *Radinka Journal of Science Systems Literature Review*, 1(2), 111–127.
- Abd, A. S., & Hammod, A. J. (2025). Effect of partially replacing soaked barley with alone water or water and enzymes instead of corn on immunological and physiological characteristics of broilers. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1487(1), 012145.
- Abdi, R., & Joye, I. J. (2021). Prebiotic potential of cereal components. *Foods*, 10(10), 2338.
- Abouelezz, K. F. M., Sayed, M. A. M., & Abdelnabi, M. A. (2019). *Evaluation of hydroponic barley sprouts as a feed supplement for laying Japanese quail: Effects on egg production, egg quality, fertility, blood constituents, and internal organs. Animal Feed Science and Technology*, 252, 126–135.
- Afifian Tehrani, A., Hassanpour, H., Karimi-Torshizi, M. A., Akbari, M. R., & Khajali, F. (2024). Growth performance and gut function of broiler chickens received barley-based diets with or without an enzyme mixture. *Journal of Poultry Sciences and Avian Diseases*, 2(3), 66–72.
- Afify, A. E. M. M., El-Beltagi, H. S., Abd El-Salam, S. M., & Omran, A. A. (2011). Bioavailability of iron, zinc, phytate and phytase activity during soaking and germination of white sorghum varieties. *PLoS ONE*, 6(10), e25512.
- Ahamed, M. S., Sultan, M., Shamshiri, R. R., Rahman, M. M., Aleem, M., & Balasundram, S. K. (2023). Present status and challenges of fodder production in controlled environments: A review. *Smart Agricultural Technology*, 3, 100080.
- Ahizo, J., Amben, S., Lobão, M. W., Roberts, A. D., & Pandi, J. (2023). Restricting conventional feed intake for pasture-raised broilers in Papua New Guinea: Effect on growth parameters and carcass yield. *Journal of Animal Science and Veterinary Medicine*, 8(6), 247–254.
- Al-Asmari, F., Abdelshafy, A. M., & Lamlom, S. F. (2025). Synbiotic foods based on fermented barley: Food applications, safety and potential biological activities. *Food Reviews International*, 1–25.
- Al-Bayati, A. A. Q. (2023). *Etlik piliçlerde rasyona farklı seviyelerde arpa ve filizlendirilmiş arpa ilavesinin performans, karkas özellikleri, et kalitesi ve serum parametrelerine etkisi* (Doktora tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Al-Kanaan, A. J. J. (2022). Effects of adding different levels of hydroponic barley fodder on the productive performance and economic value of broiler chickens. *Archives of Razi Institute*, 77(5), 1853–1864.
- Al-Rubaie, N. S., & Al-Mashhadani, H. A. (2023). Effect of germinated red grain sorghum on broiler chicken performance. *Iraqi Journal of Agricultural*

Sciences, 54(5), 1305–1313.

- Ali, H. S., Miah, A. G., Sabuz, S. H., Asaduzzaman, M., & Salma, U. (2019). Dietary effects of hydroponic wheat sprouted fodder on growth performance of turkey. *Research in Agriculture, Livestock and Fisheries*, 6(1), 101–110.
- Ali, Q., Farooq, U., Ma, S., Liu, B., Li, D., Zhu, X., Wang, Z., Sun, H., Cui, Y., & Shi, Y. (2026). Pasture grazing system improves meat quality via restructuring geese microbiota community. *Journal of Agriculture and Food Research*, 25, 102531.
- Alinaitwe, J., Nalule, A. S., Okello, S., Nalubwama, S., & Galukande, E. (2019). Nutritive and economic value of hydroponic barley fodder in Kuroiler chicken diets. *Journal of Agricultural and Veterinary Sciences*, 12, 76–83.
- Almirall, M., Francesch, M., Pérez-Vendrell, A. M., Brufau, J., & Esteve-Garcia, E. (1995). The differences in intestinal viscosity produced by barley and β -glucanase alter digesta enzyme activities and ileal nutrient digestibilities more in broiler chicks than in cocks. *Journal of Nutrition*, 125(4), 947–955.
- Anwar, M. N., Ravindran, V., Morel, P. C. H., Ravindran, G., & Cowieson, A. J. (2016). Effect of limestone particle size and calcium to non-phytate phosphorus ratio on true ileal calcium digestibility of limestone for broiler chickens. *British Poultry Science*, 57(5), 707–713.
- AOAC International. (2006). *Official methods of analysis* (18th ed.). AOAC International.
- Arif, M., Bangash, J. A., Khan, F., & Abid, H. (2011). Effect of soaking and malting on the selected nutrient profile of barley. *Pakistan Journal of Biochemistry and Molecular Biology*, 44(1), 18–21.
- Arif, M., Iram, A., Fayyaz, M., Abd El-Hack, M. E., Taha, A. E., Al-Akeel, K. A., & Alagawany, M. (2023). Feeding barley- and corn-based hydroponic ration improves digestibility and performance in Beetal goats. *Journal of King Saud University – Science*, 35(2), 102457.
- Arslan, E., & Çetin, O. (2023). Effects of different rearing systems on growth and fattening performance of American bronze turkeys. *Eurasian Journal of Veterinary Sciences*, 39(3), 114–123.
- Assefa, G., Urge, M., Animut, G., & Assefa, G. (2020). *Effect of variety and seed rate on hydroponic maize fodder biomass yield, chemical composition, and water use efficiency*. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 36(1), 87–100. <https://doi.org/10.2298/BAH2001087A>
- Atturi, K. M., Chakravarthy, K., & Guduru, D. (2020). Effect of hydroponic maize fodder supplementation on production performance in broilers. *Forage Research*, 46(1), 98–100.
- Ayhan, H. (2023). *Bazı yemlik arpa (Hordeum vulgare L.) çeşit ve karışımlarının tarımsal özelliklerinin incelenmesi* (Doktora tezi). Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.

- Baéza, E., Guillier, L., & Petracci, M. (2022). Production factors affecting poultry carcass and meat quality attributes. *Animal*, 16, 100331.
- Babiker, M. S., Alhomaidan, S., Alhumud, A., Alshoshan, A., & Algarzaee, Y. (2024). Effects of dietary incorporation of sprouted and germinated barley on performance and carcass characteristics of cockerels. *European Poultry Science*, 88, 1–10.
- Badran, E., Abo Omar, J., Qaisy, A. L., Abu Amsha, R., Al Jammal, M., & Qadri, M. (2017). Milk yield and quality and performance of Awassi ewes fed two levels of hydroponic barley. *Journal of New Sciences: Agriculture and Biotechnology*, 39(6), 2136–2143.
- Başer, E., & Yetişir, R. (2007). Triticale ve kanatlı yemlerinde kullanımı. *Hayvancılık Araştırma Dergisi*, 17(1), 19–24.
- Bautil, A., Verspreet, J., Buyse, J., Goos, P., Bedford, M. R., & Courtin, C. M. (2019). Age-related arabinoxylan hydrolysis and fermentation in the gastrointestinal tract of broilers fed wheat-based diets. *Poultry Science*, 98(10), 4606–4621.
- Baye, W., Moges, F., & Andualem, D. (2024). Effect of hydroponic barley fodder on growth performance, carcass yield and carcass quality of Cobb 500 broilers. *Heliyon*, 10, e33909.
- Bedford, M. R. (2018). The evolution and application of enzymes in the animal feed industry: The role of data interpretation. *British Poultry Science*, 59(5), 486–493.
- Bist, R. B., Bist, K., Poudel, S., Subedi, D., Yang, X., Paneru, B., & Chai, L. (2024). Sustainable poultry farming practices: A critical review of current strategies and future prospects. *Poultry Science*, 104295.
- Bouajila, A., Ammar, H., Chahine, M., Khouja, M., Hamdi, Z., Khechini, J., Salem, A.-F. Z. M., Ghorbel, A., & López, S. (2020). Changes in phytase activity, phosphorus and phytate contents during grain germination of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. *Agroforestry Systems*, 94(3), 1151–1159.
- Böbrek, A. (2022). Hidroponik yöntem kullanılarak kaba yem üretiminde sıcaklık ve nem takibi için nesnelerin interneti kullanımı. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(1), 72–81.
- Castillo, F. S. D., Pérez, E. del C. M., Magaña, E. C., & Gómez, J. M. (2013). Producción de forraje hidropónico de trigo y cebada y su efecto en la ganancia de peso en borregos. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 19(4), 35–43.
- Chen, W., Wang, S., Xu, R., Xia, W., Ruan, D., Zhang, Y., Mohammed, K. A. F., Azzam, M. M. M., Fouad, A. M., Li, K., Huang, X., Wang, S., & Zheng, C. (2021). Effects of dietary barley inclusion and glucanase supplementation on the production performance, egg quality and digestive functions in laying ducks. *Animal Nutrition*, 7(1), 176–184.

- Cowieson, A. J., Ruckebusch, J. P., Sorbara, J. O., Wilson, J. W., & Guggenbuhl, P. (2016). A systematic view on the effect of phytase on ileal amino acid digestibility in broilers. *World's Poultry Science Journal*, 72, 857–872.
- Dahloum, L., Didi, M., & Halbouche, M. (2017). Effects of feeding locally grown whole barley on broiler performance. *Journal of Applied Environmental Biology Science*, 7(12), 20–26.
- Dastar, B., Sabet Moghaddam, A., Shams Shargh, M., & Hassani, S. (2014). Effect of different levels of germinated barley on live performance and carcass traits in broiler chickens. *Poultry Science Journal*, 2(1), 61–69.
- Dersjant-Li, Y., Awati, A., Schulze, H., & Partridge, G. (2015). Phytase in non-ruminant animal nutrition: A critical review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 6, 1–14.
- Dumlu, B. (2024). The importance of nano-sized feed additives in animal nutrition. *Journal of Agricultural Products*, 5(1), 55–72.
- Eeckhout, W., & De Paepe, M. (1994). Total phosphorus, phytate-phosphorus and phytase activity in plant feedstuffs. *Animal Feed Science and Technology*, 47, 19–29.
- Elbaz, A. M., Ibrahim, N. S., Shehata, A. M., Mohamed, N. G., & Abdel-Moneim, A. M. E. (2021). Impact of multi-strain probiotic, citric acid, garlic powder or their combinations on performance, ileal histomorphometry, microbial enumeration and humoral immunity of broiler chickens. *Tropical Animal Health and Production*, 53(1), 115.
- Elliott, H., Woods, P., Green, B. D., & Nugent, A. P. (2022). Can sprouting reduce phytate and improve the nutritional composition and nutrient bioaccessibility in cereals and legumes? *Nutrition Bulletin*, 47(2), 138–156. <https://doi.org/10.1111/nbu.12555>
- Erdoğan, İ., Sever, A. L., Aygün, C., & Tuna, M. (2018). Determination of some characteristics of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) populations collected from natural areas of Eskişehir for breeding purposes. *ANADOLU Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 28(1), 77–82.
- FAO. (2024). *Food outlook – Biannual report on global food markets: Meat and meat products*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd1158en>
- FAOSTAT. (2023). *Crops and livestock products*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved August 16, 2023, from <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Fouad, A. A., & Rehab, F. M. A. (2015). Effect of germination time on proximate analysis, bioactive compounds and antioxidant activity of lentil (*Lens culinaris* Medik.) sprouts. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 14(3), 233–246. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2015.3.23>
- Garipoğlu, A. V. (2013). *Süt sığırlarının beslenmesinde alternatif kaba yem*

kaynakları. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü.

- Getahun, A., & Yemane, N. (2025). Review on impact of dietary fiber on poultry performance. *South Asian Journal of Life Sciences*, 13, 41–49.
- Giraldo, P., Benavente, E., Manzano-Agugliaro, F., & Gimenez, E. (2019). Worldwide research trends on wheat and barley: A bibliometric comparative analysis. *Agronomy*, 9(7), 352. <https://doi.org/10.3390/agronomy9070352>
- Gowda, N. N., Siliveru, K., Prasad, P. V., Bhatt, Y., Netravati, B. P., & Gurikar, C. (2022). Modern processing of Indian millets: A perspective on changes in nutritional properties. *Foods*, 11(4), 499.
- Grigas, A., Kemzūraitė, A., Steponavičius, D., Steponavičienė, A., & Domeika, R. (2020). Impact of slope of growing trays on productivity of wheat green fodder by a nutrient film technique system. *Water*, 12(11), 3009. <https://doi.org/10.3390/w12113009>
- Gupta, R. K., Gangoliya, S. S., & Singh, N. K. (2015). Reduction of phytic acid and enhancement of bioavailable micronutrients in food grains. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 676–684.
- Gümüş, F. (2025). *Broyler rasyonlarına farklı düzeylerde ilave edilen arı ekmeği (Perga) tozunun performans, karkas randımanı, immunité, antioksidan durum ve bazı kan parametreleri üzerine etkileri* (Doktora tezi). Kırıkkale Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Haščík, P., Fik, M., Ondřej, B., & Pavelková, A. (2025). The meat yield and physicochemical composition of wild turkey (*Meleagris gallopavo* L.) meat raised in a semi-wild manner. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 73(4–5), 253–264.
- Hassan, M. M. (2020). Improving utilization of barley grains as a source of energy in ducks' diets under South Sinai conditions. *Egyptian Poultry Science Journal*, 40(1), 133–151.
- Haug, W., & Lantzsch, H. J. (1983). Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereal and cereal products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34(12), 1423–1426.
- He, Y., Liu, T., Larsen, D. S., Lei, Y., Huang, M., Zhu, L., Daglia, M., & Xiao, X. (2025). Barley fermentation on nutritional constituents: Structural changes and structure–function correlations. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–15. <https://doi.org/10.1080/10408398.2025.2461733>
- Henrion, M., Francey, C., Lê, K.-A., & Lamothe, L. (2019). Cereal β -glucans: The impact of processing and how it affects physiological responses. *Nutrients*, 11(8), Article 1729. <https://doi.org/10.3390/nu11081729>
- Hosseini, H., Esmaili, N., Zare, M., & Rombenso, A. N. (2022). Egg enrichment with n-3 fatty acids in farmed hens under sub-optimal temperature conditions: A cold-temperament additive mix alleviates adverse effects of stress on performance and health. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*,

106(5), 1081–1093. <https://doi.org/10.1111/jpn.13659>

- Hosseintabar-Ghasemabad, B., Di Rosa, A. R., Janmohammadi, H., Slozhenkina, M. I., Gorlov, I. F., Mosolov, A. A., Seidavi, A., & Phillips, C. J. C. (2024). The potential of amaranth grain in poultry nutrition. *World's Poultry Science Journal*, 80(2), 481–509.
- Hunter, J. D. (2007). Matplotlib: A 2D graphics environment. *Computing in Science & Engineering*, 9(3), 90–95.
- İnci, H. (2020). Kapalı sistem ve serbest dolaşımli sistemlerde yetiştirilen beyaz hindilerin besi performansları bakımından karşılaştırılması. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(2), 461–470.
- İnci, H., Küçükbayrak, U., Karakaya, E., & Aydın, A. (2018). Diyarbakır ili hindi yetiştiriciliğinin yapısı. *International Journal of Eastern Mediterranean Agricultural Research*, 1(1).
- Itani, K., Ahmad, M., Ghimire, S., Schüller, R. B., Apajalahti, J., Smith, A., & Svihus, B. (2025). Interaction between feeding regimen, NSPase enzyme and extent of grinding of barley-based pelleted diets on the performance, nutrient digestibility and ileal microbiota of broiler chickens. *British Poultry Science*, 66(4), 558–569. <https://doi.org/10.1080/00071668.2025.2451245>
- Jacob, J. P., & Pescatore, A. J. (2014). Barley β -glucan in poultry diet. *Annals of Translational Medicine*, 2(2), 20.
- Jacob, J. P., & Pescatore, A. J. (2012). Using barley in poultry diets—A review. *Journal of Applied Poultry Research*, 21(4), 915–940.
- Jang, D. A., Fadel, J. G., Klasing, K. C., Mireles, A. J., Ernst, R. A., Young, K. A., Cook, A., & Raboy, V. (2003). Evaluation of low-phytate corn and barley on broiler chick performance. *Poultry Science*, 82(12), 1914–1924. <https://doi.org/10.1093/ps/82.12.1914>
- Kalaycı, Z., & Şahin Kaya, A. (2022). Çimlendirilmiş besinler ve sağlık üzerine etkileri. *Food and Health*, 8(4), 334–343. <https://doi.org/10.3153/FH22031>
- Kara, N., & Yüksel, O. (2014). Karabuğdayı hayvan yemi olarak kullanabilir miyiz? *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(3), 295–300.
- Karki, M. (2005). Growth, feed utilization efficiency, and economics of different rearing periods in turkeys. *Nepal Agricultural Research Journal*, 6, 84–88.
- Karley, A. J., Valentine, T. A., & Squire, G. R. (2011). Dwarf alleles differentially affect barley root traits influencing nitrogen acquisition under low nutrient supply. *Journal of Experimental Botany*, 62(10), 3917–3927.
- Karunaratne, N. D., Newkirk, R. W., Ames, N. P., Van Kessel, A. G., Bedford, M. R., & Classen, H. L. (2021). Effects of exogenous β -glucanase on ileal digesta soluble β -glucan molecular weight, digestive tract characteristics, and performance of coccidiosis vaccinated broiler chickens fed hullless barley-based diets with and without medication. *PLoS ONE*, 16(5), e0236231.

- Kaya, Z., & Yurtseven, S. (2021). Effects of feeding systems on yield and performance of Linda geese (*Anserinae* sp.) in hot climatic conditions. *South African Journal of Animal Science*, 51(5), 628–634.
- Kálmán, Á., & Szöllösi, L. (2023). Global tendencies in turkey meat production, trade and consumption. *Acta Agraria Debreceniensis*, 2023(2), 83–89. <https://doi.org/10.34101/actaagrar/2/12594>
- Keskin, H., & Ölmez, M. (2021). Effect of dietary barley supplementation on fattening performance and carcass parameters of native geese (*Anser anser*) fed in local breeder conditions in Ağrı province. *Atatürk University Journal of Veterinary Sciences*, 16(2), 126–132. <https://doi.org/10.17094/ataunivbd.811660>
- Khatko, Z. N., & Shirokova, A. S. (2022). Prospects for the production of culinary products from turkey meat (a review). *New Technologies*, 18(1), 93–105. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-1-93-105>
- Khaziev, D., Gadiev, R., Yusupova, C., Kazanina, M., & Kopylova, S. (2021). Effect of hydroponic green herbage on the productive qualities of parent flock geese. *Veterinary World*, 14(4), 841–846.
- Köten, M. (2021). Influence of roasted and unroasted terebinth (*Pistacia terebinthus*) on the functional, chemical and textural properties of wire-cut cookies. *Food Science and Technology (Campinas)*, 41(1), 245–253.
- Kumar, V., Sinha, A. K., Makkar, H. P. S., & Becker, K. (2010). Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition: A review. *Food Chemistry*, 120, 945–959.
- Kumar Naik, A. H., Chandravamshi, P., Naik, M. B., Pradeep, S., Sannathimmappa, D., & Sunil, C. (2020). Study on hydroponic maize fodder effect on milk production. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(6), 664–669.
- Kumari, K., Kashyap, P., & Chakrabarti, P. (2023). Germination and probiotic fermentation: A way to enhance nutritional and biochemical properties of cereals and millets. *Food Science and Biotechnology*, 33(3), 505–518.
- Langenaeken, N. A., De Schepper, C. F., De Schutter, D. P., & Courtin, C. M. (2020). Carbohydrate content and structure during malting and brewing: A mass balance study. *Journal of the Institute of Brewing*, 126(3), 253–262.
- Lee, S. A., Febery, E., Mottram, T., & Bedford, M. R. (2021). Growth performance, real-time gizzard pH and calcium solubility in the gut of broiler chickens is dependent on the interaction between dietary calcium concentration and limestone particle size. *British Poultry Science*, 62(6), 827–834.
- Lemmens, E., De Brier, N., Goos, P., Smolders, E., & Delcour, J. A. (2019). Steeping and germination of wheat (*Triticum aestivum* L.). I. Unlocking the impact of phytate and cell wall hydrolysis on bio-accessibility of iron and zinc elements. *Journal of Cereal Science*, 90, 102847.
- Lemmens, E., Moroni, A. V., Pagand, J., Heirbaut, P., Ritala, A., Karlen, Y., Lê,

- K.-A., Van den Broeck, H. C., Brouns, F. J. P. H., De Brier, N., & Delcour, J. A. (2019). Impact of cereal seed sprouting on its nutritional and technological properties: A critical review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(1), 305–328.
- Lemus, R. (2009). *Utilization of annual ryegrass*. Forage News, Cooperative Extension Service, Mississippi State University.
- McCleary, B. V., & Codd, R. (1991). Measurement of (1→3), (1→4)- β -D-glucan in barley and oats: A streamlined enzymic procedure. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 55(2), 303–312.
- McCleary, B. V., & Glennie-Holmes, M. (1985). Enzymic quantification of (1→3), (1→4)- β -D-glucan in barley and malt. *Journal of the Institute of Brewing*, 91(5), 285–295.
- McCleary, B. V., & Mugford, D. C. (1992). Interlaboratory evaluation of β -glucan analysis methods. In *The changing role of oats in human and animal nutrition: Proceedings of the Fourth International Oat Conference*. Adelaide, Australia.
- McNab, J. M., & Smithard, R. R. (1992). Barley β -glucan: An antinutritional factor in poultry nutrition. *Nutrition Research Reviews*, 5, 45–60. <https://doi.org/10.1079/NRR19920005>
- Mekonnen, E., Mekuriaw, Y., Tegegne, F., & Asmare, B. (2019). *Evaluation of fodder biomass yield of hydroponically-grown barley and oats and the effects on intake, digestibility and weight gain of Washera sheep when fed as a supplement to a basal diet of natural pasture hay in Ethiopia*. *Tropical Grasslands–Forrajes Tropicales*, 7(5), 519–526.
- Mendiburu, F. de. (2023). *Agricolae: Statistical procedures for agricultural research* (R package version 1.3).
- Morgan, N. K., Walk, C. L., Bedford, M. R., & Burton, E. J. (2014). The effect of dietary calcium inclusion on broiler gastrointestinal pH: Quantification and method optimization. *Poultry Science*, 93(2), 354–363.
- Murthy, A. K., Dhanalakshmi, G., & Chakravarthy, K. (2017). *Study on performance of different fodder crops under low cost green house hydroponic fodder production system*. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 2(2), 951–953.
- Naik, P. K., Swain, B. K., Chakurkar, E. B., & Singh, N. P. (2017). Effect of seed rate on yield and proximate constituents of different parts of hydroponics maize fodder. *Indian Journal of Animal Sciences*, 87(1), 109–112.
- National Research Council. (1994). *Nutrient requirements of poultry* (9th rev. ed.). National Academy Press.
- Ningoji, S., Mn, T., Boraiah, B., Anand, M., Murthy, R., & N. N., A. (2020). *Effect of seed rate and nutrition on water use efficiency and yield of hydroponics maize fodder*. *International Journal of Current Microbiology and Applied*

Sciences, 9, 71–79.

- Özkul, H., Kırkpınar, F., & Kağan, T. (2012). Ruminant beslemede karamba (*Lolium multiflorum* cv. Caramba) otunun kullanımı. *Hayvansal Üretim*, 53(1), 21–26.
- Paiva, D. M., Walk, C. L., & McElroy, A. P. (2013). Influence of dietary calcium level, calcium source, and phytase on bird performance and mineral digestibility during a natural necrotic enteritis episode. *Poultry Science*, 92(12), 3125–3133.
- Pauzenga, U. (1985). Feeding parent stock. *Zootecnica International*, 17, 22–24.
- Perera, W. N. U., Abdollahi, M. R., Zaefarian, F., Wester, T. J., & Ravindran, V. (2022). Barley, an undervalued cereal for poultry diets: Limitations and opportunities. *Animals*, 12(19), 2525. <https://doi.org/10.3390/ani12192525>
- Perera, W. N. U., Abdollahi, M. R., Zaefarian, F., Wester, T. J., & Ravindran, V. (2023). Influence of partial replacement of ground barley with whole barley and exogenous enzyme supplementation in pelleted diets on growth performance, nutrient utilisation and foregut development in broiler starters. *Animal Feed Science and Technology*, 304, 115739.
- Ponte, P. I. P., Rosado, C. C., Crespo, J. P., Crespo, D. G., Mourão, J. L., Chaveiro-Soares, M. A., Bras, J. L. A., Mendes, I., Gama, L. T., & Prates, J. A. M. (2008). Pasture intake improves the performance and meat sensory attributes of free-range broilers. *Poultry Science*, 87(1), 71–79. <https://doi.org/10.3382/ps.2007-00250>
- Poorvisha, R., Uma, T. N., & Jyothi Lakshmi, A. (2020). Dephytinising efficacy of wheat phytase in enhancing the bioaccessibility of minerals in high phytate foods. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(6), 3040–3047.
- Rahman, M., Jahan, S., Amanullah, S. M., Kabir, M., Tamanna, J., Hassan, M., & Hossain, S. (2021). *Study on comparative biomass yield, nutritional quality and economics of hydroponic sprout produced from different grains. Bangladesh Journal of Livestock Research*, 26, 51–60.
- Rahman, M., Parvin, M., Sarker, R., & Islam, M. (2013). Effects of growth promoter and multivitamin-mineral premix supplementation on body weight gain in broiler chickens. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 10(2), 245–248.
- Rajendran, S., Domalachenpa, T., Arora, H., Li, P., Sharma, A., & Rajauria, G. (2024). Hydroponics: Exploring innovative and sustainable technologies and practices in crop production with an emphasis on mini-tuber potato cultivation. *Heliyon*, 10(5), e26823. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26823>
- Ran, Y., Wang, Y., Zhang, L., Li, Q., Li, Z., & Wang, X. (2021). Effects of supplemental feed with different levels of dietary metabolizable energy on growth performance and carcass characteristics of grazing naturalized swan

- geese (*Anser cygnoides*). *Animals*, 11(3), 711.
- Rico, D., Peñas, E., García, M. D. C., Martínez-Villaluenga, C., Rai, D. K., Birsan, R. I., Frias, J., & Martín-Diana, A. B. (2020). Sprouted barley flour as a nutritious and functional ingredient. *Foods*, 9(3), 296.
- Rivera-Torres, V., Noblet, J., Dubois, S., & Van Milgen, J. (2011). Dynamics of energy utilization in male and female turkeys during growth. *Animal*, 5(2), 202–210. <https://doi.org/10.1017/S1751731110001832>
- Rotter, B. A., Friesen, O. D., Guenter, W., & Marquardt, R. R. (1990). Influence of enzyme supplementation on the bioavailable energy of barley. *Poultry Science*, 69(7), 1174–1181. <https://doi.org/10.3382/ps.0691174>
- Saha, S., Monroe, A., & Day, M. R. (2016). Growth, yield, plant quality and nutrition of basil (*Ocimum basilicum* L.) under soilless agricultural systems. *Annals of Agricultural Science*, 61(2), 181–186.
- Salarmoini, M., Campbell, G. L., Rossnagel, B. G., & Raboy, V. (2008). Nutrient retention and growth performance of chicks given low-phytate conventional or hull-less barleys. *British Poultry Science*, 49(3), 321–328.
- Schwartz, B., & Vetvicka, V. (2021). β -Glucans as effective antibiotic alternatives in poultry. *Molecules*, 26(12), 3560. <https://doi.org/10.3390/molecules26123560>
- Sebola, N. A., Mlambo, V., & Mokoboki, H. K. (2019). Chemical characterization of *Moringa oleifera* leaves and the apparent digestibility of *M. oleifera* leaf meal-based diets offered to three chicken strains. *Agroforestry Systems*, 93(1), 149–160.
- Seidavi, A., Hosseintabar-Ghasemabad, B., Gorlov, I. F., Slozhenkina, M. I., Mosolov, A. A., Oteri, M., Chiofalo, B., & Liotta, L. (2023). Feed additives and future perspectives. In *Sustainable use of feed additives in animal nutrition: New approaches for animal production* (pp. 929–961). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-23445-4_34
- Sharifi, S. D., Shariatmadari, F., & Yaghobfar, A. (2012). Effects of inclusion of hull-less barley and enzyme supplementation of broiler diets on growth performance, nutrient digestion and dietary metabolisable energy content. *Journal of Central European Agriculture*, 13(1), 193–207.
- Sheffield, S., Fiorotto, M. L., & Davis, T. A. (2024). Nutritional importance of animal-source foods for healthy diets. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1424912. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1424912>
- Shit, N. (2019). Hydroponic fodder production: An alternative technology for sustainable livestock production in India. *Exploratory Animal and Medical Research*, 9(2), 108–119.
- Singh, Y., Amerah, A., & Ravindran, V. (2014). Whole grain feeding: Methodologies and effects on performance, digestive tract development and nutrient utilisation of poultry. *Animal Feed Science and Technology*, 190, 1–18.

- Slimen, I. B., Yerou, H., Larbi, M. B., M'Hamdi, N., & Najar, T. (2023). Insects as an alternative protein source for poultry nutrition: A review. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1087754. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1087754>
- Sobur, K. A., Ghosh, P. P., Hak, E., & Pranto, R. A. (2025). Hydroponic fodder: A sustainable solution for enhancing livestock nutrition and productivity. *Journal of Animal Research and Science*. Advance online publication.
- Spencer, T. (2013). *Pastured poultry nutrition and forages*. National Sustainable Agriculture Information Service.
- Sruthi, N. U., & Rao, P. S. (2021). Effect of processing on storage stability of millet flour: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 112, 58–74. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.03.021>
- Sultana, M., Das, S. C., Dey, B., Salam, A., Afrin, A., & Ahmed, T. (2022). Effect of hydroponic wheat sprout on the growth performance, carcass characteristics, and lipid profiles of broilers. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 24(3), eRBCA-2021. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2021-1538>
- Svihus, B. (2011). The gizzard: Function, influence of diet structure and effects on nutrient availability. *World's Poultry Science Journal*, 67(2), 207–224.
- Şişman, T., & Tilki, M. (2024). Effects of different fattening methods and sex on fattening performance in native Turkish geese. *Veterinary Sciences and Applications*, 19(1), 9–16.
- Tůmová, E., Chodová, D., Tyl, J., Okrouhlá, M., & Ebeid, T. A. (2024). Does feed restriction and pasture affect carcass composition and meat quality of fast-growing chickens? *Czech Journal of Animal Science*, 69(1), 11–17.
- Talalay, G. S., Matserushka, A. R., Kolesnikov, R. O., Gvozdaryov, D. A., & Matserushka, V. V. (2020). Influence of feeding with hydroponic green fodder from barley on meat quality of chicken-broilers. *Modern S&T Equipments and Problems in Agriculture*, 225–234.
- Tamim, N. M., Angel, R., & Christman, M. (2004). Influence of dietary calcium and phytase on phytate phosphorus hydrolysis in broiler chickens. *Poultry Science*, 83(8), 1358–1367. <https://doi.org/10.1093/ps/83.8.1358>
- Taylor, P. S., Hemsworth, P. H., Groves, P. J., Gebhardt-Henrich, S. G., & Rault, J. L. (2017). Ranging behaviour of commercial free-range broiler chickens 2: Individual variation. *Animals*, 7(7), 55. <https://doi.org/10.3390/ani7070055>
- Tesfaye, E. L., & Bayih, T. (2024). Four Ethiopian barley (*Hordeum vulgare*) varieties with a range of tolerance to salinity and water stress. *Rhizosphere*, 29, 100841.
- Teymouri, H., Zarghi, H., & Golian, A. (2018). Evaluation of hull-less barley with or without enzyme cocktail in the finisher diets of broiler chickens. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 20, 469–483.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2023a). *İllere göre hindi üretim sayıları*. Retrieved

- August 16, 2023, from <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=101&locale=tr>
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2024). *Kesilen kümes hayvanları sayısı ve üretilen et miktarı*.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2023b). *Kümes hayvancılığı üretimi*. Retrieved August 15, 2023, from <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Kumes-Hayvanciligi-Uretimi-Aralik-2022-49417>
- Türkoğlu, M., & Sarıca, M. (2014). *Tavukçuluk bilimi: Yetiştirme, besleme, hastalıklar* (4. bs.). Bey Ofset Matbaacılık.
- Utama, C. S., Sulistiyanto, B., & Haidar, M. F. (2025). Performance and digestibility of grower stage turkeys fed different forage-based rations. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 13(4), 892–899.
- Vashishth, A., Ram, S., & Beniwal, V. (2017). Phytases: Enzymes for improving human nutrition and health. *Journal of Food Science and Technology*, 54, 3018–3028. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2793-7>
- Velazquez-Gonzalez, R. S., Garcia-Garcia, A. L., Ventura-Zapata, E., Barceinas-Sanchez, J. D. O., & Sosa-Savedra, J. C. (2022). A review on hydroponics and the technologies associated for medium- and small-scale operations. *Agriculture*, 12(5), 646.
- Viliene, V., Raceviciute-Stupeliene, A., Bliznikas, S., Pockevicius, A., Nutautaite, M., & Sasyte, V. (2022). The impact of different inclusion levels of whole barley in feed on growth performance, carcass, and gastrointestinal traits of broiler chickens. *Czech Journal of Animal Science*, 67(4), 147–156.
- Wang, J., Yao, L., Hao, J., Li, C., Li, B., Meng, Y., Ma, X., Si, E., Yang, K., Zhang, H., Shang, X., & Wang, H. (2024). Growth properties and metabolomic analysis provide insight into drought tolerance in barley (*Hordeum vulgare* L.). *International Journal of Molecular Sciences*, 25(13), 7224.
- Waskom, M. L. (2021). Seaborn: Statistical data visualization. *Journal of Open Source Software*, 6(60), 3021. <https://doi.org/10.21105/joss.03021>
- White, W. B., Bird, H. R., Sunder, M. L., Prentice, N., Burger, W. C., & Marlett, J. A. (1981). The viscosity interaction of barley β -glucan with *Trichoderma viride* cellulase in the chick intestine. *Poultry Science*, 60(5), 1043–1048.
- Wu, Y. B., Ravindran, V., Pierce, J., & Hendriks, W. (2009). Effects of phosphorus levels and phytase supplementation on performance, nutrient utilization and bone mineralization of broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 150, 111–119.
- Yasmin, K., Rashedi, M. A., Mehta, B. K., Salma, U., & Hiah, A. G. (2025). Sustainable turkey farming: The role of hydroponic sprouted fodder in feed optimization. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*, 13(3), 139–145. <https://doi.org/10.3126/ijasbt.v13i3.84975>
- Yurtseven, S., Güler, A., & Sakar, E. (2020). Hidroponik ortamların arpanın

(*Hordeum vulgare* L.) yem ve silaj kalitesine etkileri. *Uygulamalı Ekoloji ve Çevre Araştırmaları*, 18(1), 1601–1610.

- Zhang, Y., Qi, S., Fan, S., Jin, Z., Bao, Q., Zhang, Y., Zhang, Y., Xu, Q., & Chen, G. (2024). Comparison of growth performance, meat quality, and blood biochemical indexes of Yangzhou goose under different feeding patterns. *Poultry Science*, 103, 103349. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103349>
- Zohrabi, M., Khajali, F., & Dastar, B. (2024). Effect of barley processing and enzyme supplementation on broiler performance, gut morphometry, and the occurrence of ascites syndrome in broiler chickens. *Poultry Science*, 103(12), 104410.