T.C.

ERCİYES ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI

BAL ARISININ BESİN MADDELERİ VE *in vitro* SİNDİRİLEBİLİRLİK PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

HAZIRLAYAN

BETÜL ZEHRA BAL

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Prof. Dr. Yusuf KONCA

Aralık, 2024

KAYSERİ

T.C.

ERCİYES ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI

BAL ARISININ BESİN MADDELERİ VE *in vitro* SİNDİRİLEBİLİRLİK PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

HAZIRLAYAN

BETÜL ZEHRA BAL

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Prof. Dr. Yusuf KONCA

Aralık, 2024

KAYSERİ

ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Betül Zehra BAL

İmza

"**Bal Arısının Besin Maddeleri ve *in vitro* Sindirilebilirlik parametrelerinin Belirlenmesi**" adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi' ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan	**Danışman**
Betül Zehra BAL	Prof. Dr. Yusuf KONCA

Zootekni ABD Başkanı

Prof. Dr. Mehmet Ulaş ÇINAR

Prof. Dr. Yusuf KONCA danışmanlığında **Nihal AYDIN** tarafından hazırlanan **"Bal Arısının Besin Maddeleri ve *in vitro* Sindirilebilirlik parametrelerinin Belirlenmesi"** adlı bu çalışma jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Zootekni** Anabilim Dalında **yüksek lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

…/12/2024

Jury:

Supervisor: Prof. Dr. Yusuf KONCA

Member: Prof.Dr. Yusuf CUFADAR

Member: Doç. Selma BÜYĞKKILIÇ BEYZİ

Approval:

The acceptance of this thesis was based on decision number..... of the Executive Board of the Graduate School dated.....

/12/2024

Prof. Dr. Emel KIZILKAYA AYDOĞAN

Director of Institute

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca tez danışmanlığımı üstlenen, araştırmanın gerçekleşmesinde bana yol gösteren, yüreklendiren, her zaman destek olan kıymetli hocam Prof. Dr. Yusuf Konca'ya ve her zaman desteğini gördüğüm değerli hocam Doç.Dr. Selma Büyükkılıç Beyzi'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımda yardımcı olan sevgili dostum, arkadaşım Ziraat Yüksek Mühendisi Gamze Nur Asker'e teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatım boyunca benden maddi manevi desteklerini esirgemeyen beni bu günlere getiren canım annem Fatma Parlayıcı ve babam Mevlüt Parlayıcı'ya, desteğini hiç bir zaman esirgemeyen ve beni destekleyen sevgili eşim Enes Bal'a, 5 yaşındaki kıymetli oğlum Muhammed Eren Bal'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Betül Zehra Bal

Aralık, 2024 Kayseri

BAL ARISININ BESİN MADDELERİ VE *İN VİTRO* SİNDİRİLEBİLİRLİK PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Betül Zehra BAL
Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Aralık 2024
Danışman: Prof. Dr. Yusuf KONCA

ÖZET

Bu çalışmada, bal arısı (*Apis mellifera*) kimyasal kompozisyonu ve süt ineği rasyonlarında kullanımının yemlerin kimyasal kompozisyon ve *in vitro* gaz üretimi (GÜ) ve metan gazı üretimi (MGÜ) üzerine etkilerini araştırılmıştır. Bu amaçla, süt ineği rasyonlarına %0 (kontrol), %1, 2 ve %3 düzeyinde arı ilavesi karıştırılmıştır. Bal arılarının kimyasal analizinde %14,01 kuru madde (KM), %66,41 ham protein (HP), %6,88 ham kül (HK), %9,03 ham yağ (HY) içerdiği belirlenmiştir. Rasyona bal arısı ilavesi oranı arttıkça KM oranında azalma olduğu ve HP oranında önemli derecede artış olduğu ($P<0,05$) ancak, HY, HK, nötral deterjan selüloz (NDF) ve asit deterjan selüloz (ADF) oranlarının bal arısı oranlarından etkilenmediği belirlenmiştir. Bal arısı ilavesinin 24 saatlik GÜ, MGÜ ve metan gazı oranı üzerine etkileri önemsiz bulunmuştur. Süt ineği yemlerine arı ilavesinin organik madde sindirilebilirliği (OMS % KM) oranı, net enerji laktasyon (NEL, MJ/kg KM) ve Metabolik enerji (ME, kcal/kg KM) değerleri üzerine etkileri önemsiz bulunmuştur. Sonuç olarak, bal arısı ununun HP, HY ve metabolik enerji (ME) bakımından yüksek olduğu, bal arısı unu ilavesi *in vitro* toplam GÜ ve MGÜ önemli bir etkisinin olmadığı, rasyonların bal arısı ilavesinin KM ve HK oranlarını değiştirebileceği, ancak toplam GÜ ve MGÜ değiştirmeyebileceği belirlenmiştir. Dolayısıyla, rasyona bal arısı unu ilavesinin çevreye her hangi bir zararı olmaksızın yem kaynağı olarak kullanılabileceğini söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Böcek, bal arısı, sürdürebilirlik, in-vitro sindirilebilirlik, gaz üretimi, ruminant beslenmesi, fermantasyon.

DETERMINATION OF HONEY BEE NUTRIENTS AND *IN VITRO* DIGESTIBILITY PARAMETERS

Betül Zehra BAL

Erciyes University, Institute of Science

Master's Thesis, December 2024

Advisor: Prof. Dr. Yusuf KONCA

ABSTRACT

This study investigated the chemical composition of honey bee (*Apis mellifera*) and its use in dairy cow rations on the chemical composition of feeds and *in vitro* tolal gas production (GP) and methane gas prduction (MGP). For this purpose, 0% (control), 1%, 2%, and 3% ground honey bee was mixed into dairy cow rations. The chemical analysis of honey bees showed that it contained 14.01% dry matter (DM), 66.41% crude protein (CP), 6.88% crude ash (CA), and 9.03% crude fat (CF). It was determined that honey bee addition to the ration increased, the DM rate decreased and the CA rate increased significantly ($P<0.05$), however, the CF, CA, neutral detergent cellulose (NDF), and acid detergent cellulose (ADF) rates were not affected by the honey bee rates. The effects of honey bee addition on 24-hour GP, MR and methane gas ratio were found to be insignificant. The effects of bee addition to dairy cow feed on organic matter digestibility (OMS in % DM), net energy lactation (NEL, MJ/kg DM), and metabolic energy (ME, kcal/kg DM) values were found to be statistically insignificant. As a result, it was determined that honey bees that died during honey bee production activities were high in protein, fat, and energy, that honey bees did not have a significant effect on in vitro GP and MGP, that honey bee addition to rations could change DM, and CA ratios, and that addition to dairy cow rations provided nutrients and did not change total GP and MGP. Therefore, it is possible to use honey bee addition to the ration can be used as a feed source without any harm to the environment.

Keywords: Honeybee, in vitro digestibility, gas production, ruminant nutrition, fermentation.

İÇİNDEKİLER

ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI ..... **iv**
TEŞEKKÜR ..... **iv**
ÖZET ..... **v**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
KISALTMALAR ..... **ix**
ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **x**
GRAFİKLER LİSTESİ ..... **xi**
TABLOLAR LİSTESİ ..... **xii**

BÖLÜM 1
GENEL BİLGİLER

GİRİŞ **1**

1.1. Atmosfere metan gazı salınımı ve ruminantların payı **4**
1.2. Böceklerin Hayvan Beslemede Yem Olarak Kullanımları **5**
1.3. Arılarla ilgili çalışmalar **16**
1.4. Böceklerin metan gazı üretimine etkileri **24BÖLÜM 2 33**

BÖLÜM 2
MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Materyal **33**
2.1.1. Arı materyali **33**
2.1.2. Süt ineği rasyonu **34**
2.2.Metodlar **36**
2.2.1.Kimyasal analizler **37**
2.2.1.1. Kuru madde tayini **37**
2.2.1.2. Ham protein (HP) analizi **37**
2.2.1.3. Ham kül (HK) analizi **37**
2.2.1.4. Asit deterjan selüloz (ADF) analizi **38**
2.2.1.5. Nötral deterjan selüloz (NDF) analizi **38**

2.2.1.6. Mineral analizleri 39

2.2.1.7. Aminoasit tayini 39

2.2.1.8. Kuru madde sindirilebilirliği 40

2.2.1.9. *İn vitro* gaz üretiminin belirlenmesi 40

2.3. İstatistiki Analizler 49

BÖLÜM 3

BULGULAR

3.1. Bal arılarının kimyasal analizleri 50

3.2. Bal arılarının mineral kompozisyonları 51

3.3. Bal arılarının amino asit kompozisyonları 52

3.4. Rasyonların kimyasal kompozisyonları 53

3.5. Rasyonlara bal arısı unu ilavesinin toplam gaz ve metan gazı üretimi üzerine etkileri 59

3.6. Rasyonlara bal arısı unu ilavesinin Metabolik (ME) ve net enerji laktasyon (NEL) üzerine etkileri 61

3.7. Rasyonlara bal arısı unu ilavesinin organik madde ve KM sindirilebilirliği üzerine etkileri 64

BÖLÜM 4

TARTIŞMA

4.1.Bal arısının besin madde içeriklerinin incelenmesi 66

4.2. Aminoasit içeriklerinin incelenmesi 69

4.3.Gaz üretim potansiyellerinin ve kuru madde sindirilebilirliklerinin değerlendirilmesi 72

4.4. Rasyonlara bal arısı unu ilavesinin enerji içeriklerinin değerlendirilmesi 73

4.5. Rasyonlara bal arısı unu ilavesinin organik madde (OM) ve kuru madde sindirilebilirliği üzerine etkileri 73

SONUÇ VE ÖNERİLER 74

KAYNAKLAR 75

CV
101

KISALTMALAR

ADF	:	Asit Deterjan selüloz
NDF	:	Nötral Deterjan selüloz
ADL	:	Asit Deterjan Lignin
IVKMS	:	İn Vitro kuru madde Sindirilebilirliği
IVOMS	:	İn Vitro Organik Madde Sindirilebilirliği
KMS	:	Kuru Madde Sindirilebilirliği
OMS	:	Organik Madde Sindirilebilirliği
CO_2	:	Karbondioksit
CH_4	:	Metan
NH_3-N	:	Amonyak Azotu
KM	:	Kuru Madde
OM	:	Organic Matter (Organik Madde)
NDF	:	Nötral Deterjan Selüloz
ADF	:	Asit Deterjan Selüloz
EE	:	Eter Ekstraktı
IVOMS	:	İn Vitro Organik Madde Sindirilebilirliği
ADFom	:	Asit Deterjan Lifi Organik Madde
NDFom	:	Nötr Deterjan Lifi Organik Madde
IVDMS	:	İn Vitro Kuru Madde Sindirilebilirliği
NEL	: Net enerji laktasyon	
ME	: Metabolik enerji	

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. ANKOM A2000 Fiber analizörü 41
Şekil 2.2. Bal arısı örneklerinin yabancı maddelerden ayıklama işlemi 42
Şekil 2.3. Bal arısı örneklerinin baglere koyulması 43
Şekil 2.4. Bal arısı örneklerinin öğütülmesi 44
Şekil 2.5. Öğütülmüş bal arısı örneklerinin saklanması 45
Şekil 2.6. ADF analizine tabi tutulmuş numuneler 46
Şekil 2.7. Hassas terazi ile örneklerin tartılması 47
Şekil 2.8. Kimyasal Çözeltinin Hazırlanması 48

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 3. 1. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin arı ve yemlerin kuru madde üzerine etkileri 56

Grafik 3.2. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin arı ve yemlerin ham kül üzerine etkileri 57

Grafik 3.3. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin arı ve yemlerin NDF üzerine etkileri 58

Grafik 3.4. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin arı ve yemlerin ADF oranları üzerine etkileri 58

Grafik 3.5. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin arı ve yemlerin yağ oranları üzerine etkileri 57

Grafik 3.6. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin yemlerin in-vitro gaz üretimi üzerine etkileri 60

Grafik 3.7. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin yemlerin in-vitro metan gaz üretimi üzerine etkileri 60

Grafik 3.8. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin metan gaz oranı üzerine etkileri, % 61

Grafik 3.9. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin metan gaz oranı üzerine etkileri, % 65

Grafik 3.10. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin metabolik enerji (ME, MJ/kg KM) üzerine etkileri 62

Grafik 3.11. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin net enerji laktasyon (NEL, MJ/kg KM) üzerine etkileri 63

Grafik 3.12. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin metabaolik enerji (Kcal/kg KM) üzerine etkileri 63

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Bal arılarının (Apis mellifera) kimyasal analizlerle belirlenmiş besin madde içerikleri 51

Tablo 3.2. Bal arılarının laboratuvarda belirlenmiş mineral madde içerikleri, mg/kg 52

Tablo 3.3. Bal arılarının amino asit kompozisyonları 53

Tablo 3.4. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin arı ve yemlerin kimyasal kompozisyonları üzerine etkileri 55

Tablo 3.5. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin in-vitro gaz üretimi üzerine etkileri 59

Tablo 3.6. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin organik madde (OM) oranı üzerine etkileri 64

Tablo 3.7. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin metabolik enerji (ME, Kcal/kg KM ve MJ/kg KM), net enerji laktasyon (NEL, MJ/kg KM) değerleri üzerine etkileri 62

GİRİŞ

Hayvansal ürünler, esansiyel besin maddelerini içerirler ve sağlıklı yaşam için kaynak oluştururlar. Nüfusun sürekli artışı ve dengeli ve yeterli beslenmenin öneminin anlaşılması sonucu, hayvansal gıdalara olan talebin artışını beraberinde göstermektedir. Yapılan tahminlere göre, dünya nüfusunun 2050 yıllarında 9 milyara ulaşacağı tahmin edilmekte ve buna bağlı olarak mevcut duruma göre gereksinimlerinde % 60-70 oranında artabileceği hesaplanmaktadır (Makkar, 2018). Ayrıca hayvanların insanlarla rekabetçi oluşu ve bu gün üretilen tarımsal ürünleri % 35 civarında bir kısmının çiftlik hayvanlarının beslemesi için kullanıldığı belirtilmektedir. Gelecekte insan sayısına bağlı olarak hayvan sayısının da artışı ile ayrılan paylar artacak ve ciddi bir rekabet oluşabilecektir. Ayrıca, proteince zengin yemler pek çok ülkede ithalat yoluyla sağlanmakta ve bu da % 70 gibi önemli bir paya sahiptir FAO (2012). Sürdürülebilir bir hayvansal üretim için ucuz ve yeni kaynakların üretiminin yapılmasının ve çiftlik hayvanlarının beslenmesinde kullanılmasının gerekliliğine dikkat çekmiştir.

Dünya'da ve ülkemizde de protein bakımından zengin yemlerin giderek yetersiz hale gelmesiyle fiyatlarının artması karma yem sektörü mevcutlarına alternatif olacak yeni kaynak arayışına sokmaktadır. Karlı bir hayvancılık için yem maliyetlerini olabildiğince aza indirmek gerekir. Mevcut yem maddeleriyle bu durum söz konusu değildir. Artan nüfus miktarı göz önünde bulundurulduğunda hayvanlarla insanlar arasında yiyecek rekabetinin yaşanması kaçınılmazdır. Rasyonlarda kaliteli, proteince zengin ve özellikle sürdürülebilir alternatif yem kaynaklarına, doğada hali hazırda olan böcek türlerinin hayvan beslemede alternatif proteince zengin kaynak olabileceği ve çiftlik hayvanlarının beslenmesinde maliyeti düşüreceği öngörülmektedir. Bunun yanında çevre dostu olma faktörleri de gelecekteki çalışmalara yol gösterici olacaktır. Örneğin, kara asker sineği (BSF, *Hermetia illucens*) larvaları kolay üretim sistemi, hızlı büyümesi, organik atıkları verimli bir şekilde dönüştürebilmesi ve yüksek protein içermesiyle, yani yaklaşık %40 oranında protein içermesiyle karakterize edilir ve böcekler üretim ve kullanım açısından ilgi çekicidirler (Nafisah ve ark., 2019).

Son yıllarda böceklerin protein kaynağı olarak kullanılması konusunda Avrupa Birliği (AB)'nde bazı kanuni düzenlemeler yapılmıştır (EFSA, 2021) ve kullanımları kanuni olarak serbest hale getirilmiştir. Bunlardan izin verilenler çiftlik hayvanı gibi kabul edilmiş ve "farmed animals" çiftliklerde yetiştirilen hayvanlar sınıfına konulmuştur. Avrupa Birliği kanunlarında yapılan düzenlemelerle ile değiştirilen 2001/999 sayılı yönetmelikte kara asker sineği (*Hermetia illucens*), adi ev sineği (*Musca domestica*), sarı un kurdu (*Tenebrio molitor*), küçük un kurdu (*Alphitobius diaperinus*), ev cırcır böceği (*Acheta domesticus*), bantlı cırcır böceği (*Gryllodes sigillatus*) ve tarla cırcır böceği (*Gryllus assimilis*) olmak üzere yedi böcek türünden elde edilen böcek proteinlerinin su ürünleri, kümes hayvanları ve domuz yemlerinde kullanılmasına izin vermektedir. Ayrıca, Kasım 2021 itibarıyla, hayvansal yan ürünlere ilişkin AB mevzuatının (Tüzük (AB) 2021/1925) bir parçası olarak, ipekböceği (*Bombyx mori*) işlenmiş hayvansal proteinlerin (PAP'ler) su ürünleri yetiştiriciliğinde, kümes hayvanlarında ve domuz yeminde kullanımına izin vererek, izin verilen tür listesini yediden sekize çıkardı (https://ipiff.org/insects-eu-legislation-general/). Bu listenin gelecek yıllarda böceklerin hastalık taşıma riski, hijyenik yapısı ve protein üretilebilirlik koşulları değerlendirilerek daha da artacağını tahmin etmek zor değildir.

Bal arısı (*Apis mellifera*) farklı çiçeklerin polenlerini toplayarak bal gibi kıymetli ve hijyenik bir ürüne çeviren bir hayvandır. Bu zamana kadar elde edilen tecrübeler neticesinde arıların biyolojisi gayet iyi bilinmekte ve üretim koşulları değiştirilerek yönlendirmeler yapılabilmektedir. Bununla birlikte, arılar çevre koşullarından kolayca etkilenirler ve zor kışlatma koşullarında toplu ölümler meydana gelebilmektedir. Arıların ölümleri veya hayvan yemi için üretimleri durumunda hayvan yemlerinde kullanılmaları mümkün olabilecektir. Arıların çeşitli hayvanların beslenmesinde kullanılmaları konusunda yeterli çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle bu çalışmanın konusu, bal arılarının bir ruminant olan süt inekleri yemlerinde kullanılmasının kimyasal kompozisyon, yemlerin sindirilebilirliği ve toplam in vitro gaz ve metan gazı üretim potansiyelleri ve enerji değerlerini tahmin etmek için düzenlenmiştir.

BÖLÜM 1
GENEL BİLGİLER

Gelecekteki olacak iklimsel ve nüfus değişimine bağlı olarak hayvanların ve insanların beslenmesinde yeni ve alternatif yem kaynaklarının devreye sokulması kaçınılmazdır. Buna bağlı olarak son yıllarda böceklerin insan gıdası ve hayvan yemi olarak kullanılması ve olası risk faktörleri sıklıkla değerlendirilmektedir. Mevcut şartlarda dünyada iki milyar civarında insan böcek tüketmektedir. Gelecekte sürdürülebilir gıda zinciri için artıkların dönüştürülmesi ve mevcut sera gazı salınımını azaltma senaryoları kapsamında böceklerin gıda sistemine sokulması mantıksal olarak doğru gelmektedir. Bununla birlikte, böceklerin yetiştirilmesi, tüketilmesi ve riskleri konusunda yasal durum ve uygulamada aşılması gereken önemli problemler bulunmaktadır (Andaç ve Yılmaz Tuncel, 2023)

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO, 2019), dünyanın 2050 yılına kadar yaklaşık %70 daha fazla gıda üretmesi gerektiğini tahmin etmektedir. Bu rapora göre hayvansal protein üretimiyle ilgili olarak, Uluslararası Yem Endüstrisi Federasyonu (IFIF), et (kümes hayvanı/ sığır eti/domuz) üretiminin iki katına çıkarılacağına inanmaktadır. Bu durum, yeterli yem kaynağı bulma konusunda küresel kapasiteye ciddi zorluklar getirmektedir.

Ahmed ve ark. (2021) böceklerin kümes hayvanları, balıklar ve domuz rasyonlarında kullanıldığını ancak geviş getiren hayvanlarda az sayıda değerlendirilen çalışma bulunduğunu bildirmişlerdir. Mevcut in vitro çalışma, geviş getiren hayvanların rasyonlarında geleneksel yüksek kaliteli pahalı protein kaynaklarına örnek olarak soya fasulyesi ununu kısmen ikame etmek için dört farklı türde yenilebilir böceğin kullanımını değerlendirmiştir. Bu çalışma, değerlendirilen böceklerin yüksek protein ve yağ içeriğine sahip olduğunu göstermiştir. Geviş getiren hayvan diyetinde test edilen böceklerle %25 oranında soya fasulyesi küspesi ikame edilmesinin rumen fermantasyon profili veya besin sindirilebilirliği üzerinde olumsuz bir etkisi olmamıştır. Dahası, diyete bazı türlerin dahil edilmesi, ek bir çevresel fayda olan metan üretiminin %16-18'e kadar azalmasına yol açmıştır. Bu çalışmanın bulguları,

hayvancılık endüstrisinin sürdürülebilirliğini iyileştirmek için bu umut verici alanda daha fazla çalışma yapılması için cesaret vericidir.

1.1. Atmosfere metan gazı salınımı ve ruminantların payı

Hayvancılık üretimi, antropojenik sera gazlarının (green houses gases=GHG) ana kaynağıdır. Ana gazlar, küresel ısınma potansiyeli (global warming potential=GWP) 25 kat olan CH_4 ve sırasıyla enterik fermantasyondan veya gübre yönetiminden kaynaklanan karbondioksitin (CO_2) GWP'si 298 kat olan azot oksittir (N_2O). Aslında, CH_4 küresel olarak yayılan ikinci en önemli GHG'dir. Bu mevcut senaryo, küresel ısınma konusundaki endişeleri artırmış ve geviş getiren hayvan rasyonlarında yem katkı maddesi olarak kullanılacak ve rumen ekosistemini, fermantasyon düzenini değiştirecek ve enterik CH_4'ü azaltacak farklı doğal bileşikler üzerinde yoğun araştırmaların geliştirilmesini teşvik etmiştir (Jiménez-Ocampo ve ark., 2019).

Hardy ve ark. (2015) çiftlik böceklerinin gıda ve yem olarak kullanılmasıyla ilişkili potansiyel biyolojik ve kimyasal tehlikelerin yanı sıra alerjen olabilmeleri ve çevresel tehlikeleri, çiftçilikten nihai ürüne kadar tüm zinciri hesaba katılması gerektiğini bildirmiştir. Araştırıcılar ayrıca, böceklerin üretim aşamalarındaki verilen yemlerin ve işlenmemiş böcek proteinlerinin de prion içermelerinin risklerinden bahsetmiştir. Mutfak artıklarının böceklerin beslenmesi durumunda ne tür kirleticilerle bulaşıklıklar olabileceğinin ve gıda ve yemlere taşınabileceğinin hala tam olarak ortaya konulmadığını bildirmişlerdir ve bu hususların özel olarak değerlendirilmesi gerektiği bildirilmiştir. Diğer yandan, böceklerin yem ve gıda olarak kullanılmaları durumunda, olası tehlikelerle ilgili belirsizlikler (bilgi eksikliği) varlığına vurgu yapılmış ve böceklerin hayvan ve insan tüketimine ilişkin sistematik olarak toplanmış veri olmadığı ve mutlaka daha fazla veri toplanması gerektiği belirtilmiştir.

Günümüzde, hayvanların yetiştirilmeleri sırasında performansın iyileştirilmesi ve sağlık koruma gibi nedenlerle çok sayıda alternatif madde kullanılmaktadır. Jiménez-Ocampo ve ark. (2019) hayvancılıkta çok sayıda bileşiğin denendiğini ancak, bazı bitkilerin dokularında bulunan polifenoller ve saponinlerle ilgili elde dilen sonuçlarda önemli düzeyde tutarsızlıklar olduğu ve bazen de maliyetleri nedeniyle kullanımlarının kısıtlı olduğunu belirtmişlerdir. Araştırıcılar, ilgi çekici diğer yeni bileşikler arasında, deniz yan ürünü olarak elde edilen kitosan gibi polisakkarit biyopolimerlerin

kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Kitosanın rumen mikrobiyal popülasyonu üzerindeki etkisini kaynağa, saflığa, doza, ekstraksiyon sürecine ve depolamaya bağlı olarak değişebileceği belirtilmiştir. Bununla birlikte, kitosanın, metan azaltıcı etkileri olabileceğini, ancak etkili günlük dozların belirlenmesi yanı sıra metan gazı üretiminin azaltımının ekonomik maliyetini de dikkate alınarak *in vivo* modellerle daha fazla araştırma yapılması gerektiği vurgulanmıştır.

1.2. Böceklerin Hayvan Beslemede Yem Olarak Kullanımları

Veldkamp ve ark. (2012) hayvan yemi için önemli protein bileşenleri balık unu, işlenmiş hayvan proteinleri ve soya fasulyesi küspesidir. Ancak, Avrupa Birliği'nde işlenmiş hayvan proteinlerinin hayvan yeminde kullanımı TSE mevzuatı nedeniyle yasaklanmıştır. Küresel olarak soya yetiştiriciliği için arazi mevcudiyeti sınırlıdır ve deniz aşırı sömürüsü balık unu ve balık yağının elde edildiği küçük pelajik yem balıklarının bolluğunu azaltmıştır. Bu giderek daha fazla talep gören bileşenleri üretmek için kaynakların artan kıtlığı son beş yılda fiyatları iki katına çıkarırken, hali hazırda üretim maliyetlerinin %60-70'ini temsil etmektedir. Bu nedenle, hayvancılık ve su ürünleri yetiştiriciliği için alternatif (hayvansal) protein kaynaklarına acilen ihtiyaç duyulmaktadır. Böcekler, organik yan akımlarda sürdürülebilir şekilde yetiştirilebilen böyle bir alternatif hayvansal protein kaynağıdır. Bunun nedenleri, muhtemelen soğukkanlı oldukları için elverişli bir yem dönüşüm verimliliğine sahip olmalarıdır. Böcekler kuru madde bazında %30 ila %70 arasında protein içerir. Böcek türlerinin protein içeriği soya fasulyesi/balık unu aralığındadır ve yağ içeriği özellikle (yağsız) soya unu ile karşılaştırıldığında daha yüksektir.

Un kurtları organik atıkları geri dönüştürerek broyler yemlerinde kullanılmasının dolaylı olarak insanlar için protein kaynağı olarak hizmet edebileceği bildirilmiştir (Ramos-Elorduy ve ark., 2002).

Hindi civcivleri yemlerine karasinek larvası katılmasının hindilerde kontrol grubuna yemlerin zahiri sindirilebilirliğini artırdığını ve soya küspesi yerine alternatif protein kaynağı olabileceği saptanmıştır (Zuidhof ve ark., 2003).

Etlik piliçlerin beslenmesinde alternatif protein kaynağı olarak un kurdunun kullanıldığı bir çalışmada (Işık ve Kırkpınar, 2016), un kurdu ilavesinin broylerlerde karkas ağırlığı ve kalitesi ile yemden yaralanma değerlerini olumlu yönde etkilediği

belirlenmiştir. Ayrıca göğüs etinde lizin ve triptofan muhtevasının arttığı gözlemleniş olup un kurdu ilavesinin %4-6 düzeyinde kullanılması durumunda ham yağın sindirilebilirliği düştüğünden dolayı daha detaylı araştırılması gerektiğini önermişlerdir.

Gaga kesimi yapılmış hindilerde başlangıçta yem vermeden sadece 3-5 gün sadece larva ile beslenmesinin beslenme davranışı ve büyüme oranı üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada sadece larvayla beslenmenin civcivlerde büyüme oranını azalttığı ve daha sonra normal yemle beslemede bu ağırlık kaybının telafi edilemediği belirlenmiştir. Gaga kesimi yapılmayan civcivlerin, gaga kesimi yapılmış civcivlerden daha fazla larva tükettiklerini belirtmişlerdir (Despins ve Axtell, 1994).

Broyler beslenmesinde balık unu yerine ipek böceği pupalarının kullanılmasının denendiği araştırmada elde edilen verilere göre ipek böceği pupasının farklı besleme seviyelerinde piliç yetiştirmenin toplam maliyetini azalttığı ve ipek böceği pupasının rasyonda miktarının artmasıyla doğrusal olarak arttığını gözlemlemişlerdir (Khatun ve ark., 2003).

Balık rasyonlarında, balık unu veya balık yağı yerine çekirge, termit, sarı un kurdu, Asya gergedan böceği, solucan, ipek böceği, ev sineği, sivrisinek ve siyah asker sineklerinin kullanımında olası risk olarak biyolojik birikim yoluyla böceklerin toksisitesi, amino asitler veya yağ asitlerindeki eksiklikler, kitin içeriği, lezzet, sindirilebilirlik problemleri olabileceği bildirilmiştir. Un kurtları, ipek böceği ve kurtçukların şimdiye kadar balık besleme deneylerinde en başarılı böcekler olduğu ve böceklerin vücutlarında bulunan kitinin sindirilebilirlik sorunlarının giderilebilmesi ve kitin içeriğinin sorunların tek sorumlusu olup olmadığının incelenmesi gerektiğini konusunda çalışılması gerektiği vurgulanmıştır (Henry ve ark., 2015).

Hollanda da yapılan bir çalışmada, böceklerin kolay yetişebiliyor olması ve atıkları yüksek kaliteli proteine dönüştürebiliyor olması protein ihtiyacının karşılanması bakımından gelecekte büyük öneme sahip olabileceği üzerinde durulmuştur (Veldkamp ve ark., 2012).

Un kurdunun (*Tenebrio molitor*) besin değeri (kimyasal kompozisyonu), evcil hayvanlar için bir protein kaynağı olarak değerlendirilmesi ve insan gıdası için oluşan talep nedeniyle analiz edilmiştir. Un kurdunun larva, yetişkin, dış iskelet ve dışkısı

sırasıyla %46,44, %63,34, %32,87 ve %18,51 protein içerdiği belirlenmiş ve un kurdu dışkısının bile gıda geri dönüşüm sürecinde ek bir takviye olarak kullanılabileceğini yapılan çalışma sonucu önermişlerdir (Ravzanaadii ve ark, 2012).

Tablo 1.1. Bazı böceklerin kimyasal kompozisyonları

İsmi	Latince adı	Ham protein, %KM	Toplam yağ, %KM	Selüloz, %KM	Kül, %KM	Enerji, MJ/kg DM	Referans
Sarı un kurdu	*Tenebrio molitor*	46-54	23-36	2-5	3-4	27	(De Marco ve ark., 2015), (Zielińska ve ark., 2015),(Ravzanaadii ve ark., 2012), (Jones ve ark.1972)
Siyah asker sineği	*Hermetia illucens (larvae meal)*	34-42	25-58	7	4-20	22-24	(Makkar ve ark., 2014), (De Marco ve ark., 2015), (Ewald ve ark.2020), (Oonincx ve ark., 2015)
Ev sineği	*Musca domestica (maggot meal)*	51-60	25-28	6-7	11-20	20-23	(Makkar ve ark., 2014), (Pretorius, 2011),(Hussein ve ark., 2017)
Ev sineği	*Musca domestica (pupae meal)*	71-76	14-16	15-16	7-8	20-24	(Makkar ve ark., 2014), (Pretorius, 2011)
İpek böceği larvası	*Bombyx mori (pupae meal)*	23	14		1	10	(Bukkens,1997)
Greater wax moth	*Galleria mellonella*	39	51-59	9	2-3		(Barker ve ark, 1998),(Ramos-Elordy ve ark, 2007)
Ev çekirgesi	*Acheta domesticus*	59-72	10-23	5	5		(Barker ve ark, 1998),(Oonincx ve ark., 2015),(Udomsil ve ark, 2019)
Tropikal ev çekirgesi	*Gryllodes sigillatus*	70	18	4	5	19	(Zielińska ve ark, 2015)
Çöl çekirgesi	*Schistocerca gregaria*	76	13	3	3	18	(Zielińska ve ark., 2015)
Soya fasulyesi küspesi	*Glycine max*	55	2	4	7	20	(Heuze ve ark, 2020)

(Hawkey ve ark., 2020)

Etlik piliç üretiminde ev sineği kurtçuklarının kullanımının et kalitesi ve büyüme performansı üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada (Hwangbo ve ark., 2008), kurtçuk ilavesinin canlı ağırlık artışında doğrusal artışa neden olduğu ancak yemden yararlanma oranında artış gözlenmediği belirlenmiştir. Karaciğer, karın yağı ve et renginde herhangi bir farklılık gözlenmemiş, kurtçuklarla beslenen piliçlerde göğüs kası lizin ve triptofan seviyeleri diğer gruplarla karşılaştırıldığında önemli ölçüde arttığı ve rasyonlara %10-15 kurtçuk ilavesinin etlik piliçlerin karkas kalitesini ve büyüme performansını iyileştirebilir sonucuna ulaşılmıştır.

Yapılan bir çalışmada 4 farklı Coleoptera, 7 farklı Diptera ve 5 farklı Orthoptera olmak üzere toplam 16 farklı türden böceğin balık yemlerinde yer alabilmesi için değerlendirilmesi yapılmış ve bu böceklerin balık ununda daha az protein fakat daha fazla yağ içerdiğini, histidin, treonin ve lizin içeriğinin balık ununa benzediğini, diptera ununun ise en benzer amino asit profiline sahip olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, yağ asitleri kompozisyonu balık ununda oldukça farklı bulunmuş, özellikle n-3 yağ asidi içeriği ve bilhassa EPA (%14) ve DHA (%16) böceklerde eksik bulunmuştur. Böcekler, omega-6 ve MUFA bakımından daha yüksek değerlere sahip olmuşlardır (Barroso ve ark., 2014).

Bovera ve ark. (2016) sarı un kurdu larvalarının soya fasulyesine oranla daha fazla aminoasit içerdiği, kanatlı hayvanların aminoasit ihtiyacını karşılayacak seviyede olduğunu yalnızca metiyonin ve lizin içeriğinin her iki kaynak için de yeterli olmadığını saptamışlardır. Ayrıca sarı un kurdunda albumin-globulin oranının daha düşük olduğu ve bunun kitinin prebiyotik etkisinden kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir.

Erkek piliç rasyonlarına sarı un kurdu larvalarının ilave edilmesinin büyüme performansı, bağırsak morfolojisi ve histolojik bulgular üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmada tavukların vücut ağırlığını ve yem alınımını iyileştirebilirken yem verimliliğini ve bağırsak morfolojisi olumsuz yönde etkileyebileceği ancak hematokimyasal parametreler, karkas özellikleri ve histolojik bulgular üzerinde herhangi bir etkisi gözlenmemiş olup rasyona düşük seviyelerde ilavesinin (%5) daha uygun olabileceği hipotezini sürmüştür (Biasato ve ark., 2017).

Robles-Jimenez ve ark. (2022) siyah asker sineği (*Hermetia illucens,* BSF), sarı un kurdu (*Tenebrio molitor*, YMW), ve su böceğinin (Noctonecta spp., N) larvalarının kuru maddede (g/kg KM) protein içeriklerinin sırasıyla 517, 448 ve 486 g/kg ve *in-vitro* sindirlebilirlik değerleri %60 olarak belirlenmiştir. Araştırıcılar sonuç olarak YMW ve Noctonecta'nın protein içeriği soya küspesine benzediğini, BSF'nin protein içeriğinin ise balık ununa benzediğini ve sonuçta böcek unlarının geviş getiren hayvanların rasyonlarında alternatif protein kaynağı olarak umut verici olduğu kanaatine varmışlardır.

Ruminant hayvanların global ısınmaya katkıları bu zaman kadar yapılan çalışmalarda sıklıkla belirtilmiştir. Bununla birlikte ruminant hayvanlar insanların beslenmesinde gerekli esansiyel ve değerli gıdaların üretilmesinde önemli roller oynamışlardır. Özellikle gelişmekte olan ülke insanlarının beslenmesinde ruminant hayvancılığın rolü yadsınamaz. Ruminantların en büyük özellikleri insanların yiyemeyeceği ve sindiremeyeceği ot ve saman gibi yiyecekleri değerli ürünlere çevirmeleridir (Moorby ve Fraser, 2021). Ancak bu hayvanların beslenmeleri sırasında gerekli olan proteinlerin tamamı düşük kaliteli yemlerle karşılanamayacağından dolayı, bazı protein kaynaklarının rasyonlarda kullanılmaları gereklidir. Bu protein kaynaklarının çeşitliliği ve sürekliliği hayvansal üretimin de sürekliliğini sağlamak için gereklidir. Bu çalışmada bitkisel kaynakların dışında böcek kaynaklı hayvansal kaynakların süt ineği rasyonlarında kullanılmaları durumunda rasyonun kimyasal yapısının ve gaz üretimi üzerine etkilerinin nasıl değiştiğini görmek amaçlanmıştır.

Tablo 1.2. Farklı protein kaynaklarının kimyasal bileşimi (g/kg KM) ve in vitro rumen gazı kinetiği (Fasihah ve ark., 2023 dan alınmıştır)

	Örnekler						
İçerikler, g/kg	BSF	YMW	Noctonecta	Fishmeal	SBM	SEM	P
Organik madde	843^{b}	925^{a}	938^{a}	828^{b}	939^{a}	11.95	0.0001
Ham protein	383^{e}	448^{c}	486^{b}	517^{a}	440^{d}	0.516	0.0001
$IVDP_{96h}$	228^{d}	243^{d}	282^{c}	330^{b}	440^{a}	5.395	0.0001
Ham yağ	356^{a}	247^{b}	70^{c}	58^{d}	24^{e}	1.416	0.0001
Gaz üretim parametreleri							
B	91.71^{b}	79.0^{b}	50.7^{b}	85.2^{b}	288.5^{a}	11.611	0.0001
C	0.031^{b}	0.025^{bc}	0.066^{a}	0.013^{c}	0.027^{bc}	0.0034	0.0001
Lag time	-1.075^{ab}	-2.627^{b}	-1.423^{ab}	-2.482^{ab}	-0.781^{a}	0.3685	0.0280
Gaz üretimi, mL gaz/g KM							
12h	31.48^{b}	26.78^{b}	30.28^{b}	15.32^{b}	95.12^{a}	4.267	0.0001
24h	47.51^{b}	37.33^{b}	37.58^{b}	23.38^{b}	134.49^{a}	5.107	0.0001
96h	87.63^{b}	73.03^{b}	53.68^{b}	56.24^{b}	267.37^{a}	8.702	0.0001
DMD96	0.500^{c}	0.785^{b}	0.690^{b}	0.717^{b}	0.983^{a}	0.021	0.0001

Malezya'da geviş getiren hayvan yemlerine ilave edilen un kurdu (*Tenebrio molitor*) ve tarla cırcır böceğinin (*Gryllus assimilis*) yem potansiyelini değerlendirmek için yapılan çalışmada (Fasihah ve ark., 2023), böcekler farklı büyüme dönemlerinde yemlere katılmış, yemler geleneksel temel diyet (CBD) ve alternatif yem (AF) olarak sağlanmıştır. Sonuçlar, iki farklı yem karışımdaki böcek gelişim aşamalarındaki besin öğelerinin çok önemli olduğunu ve gıda atıklarından alternatif yem tüketen un kurtlarının en iyi yem olduğunu göstermiştir. Un kurdu, yüksek ham protein ve yağ (sırasıyla 42.90±1.17 ve 32.96±0.84) nedeniyle üstün oldukları belirlenmiştir. Sindirilemeyen besin öğeleri olarak ham selüloz ve ADF'de düşük değerler 4.14±0.31

ve 18.32±0.56 olarak elde edilmiştir. Çalışmada elde edilen bulgular, un kurdunun gerekli besin maddelerinin bileşimlerini umut verici düzeyde içerdiğini ve bu nedenle yüksek kaliteli hayvan yemlerinde formüle edilebilecek potansiyel bileşenler sağladığını göstermiştir.

Metan gazı, ısıyı tutmada karbondioksitten 25 kat daha fazla etkiye sahiptir. Metan emisyonunu azaltmak için yem ve beslenmede farklı alternatifler denenmektedir. Böceklerin dış iskeletinde bulunan kitin ve kitosandan bu konuda yaralanma potansiyeli olabileceği düşünülmüş ve kara asker sineğinden (BSF) elde edilen kitin ve kitosanın *in vitro* metan emisyonu ve rumen fermantasyon profili üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada böcekten kitin ekstraksiyonu, ikincisi olarak da *in-vitro* rumen fermantasyonunda kitin ve kitosan değerlendirilmiştir. Kitin ekstraksiyonu, delipidasyon, deproteinasyon ve demineralizasyon olmak üzere üç adımda elde edilmiştir. Kitinden kitosana dönüşüm deasetilasyon yoluyla gerçekleştirilmiştir. Yapılan *in vitro* değerlendirmede gaz üretim kinetiği, pH ve metan emisyonu ölçülmüş ve kitin ve kitosan yem katkı maddesi olarak kullanılmasının ve rumen fermantasyonunu olumlu yönde etkilediği ve metan emisyonununu azaltabildiği belirlenmiştir (Haryati ve ark., 2019).

Dominguez ve ark.(2024) Teksas devlet üniversitesinde kanüllü erkek sığırlarda siyah asker sineği larvası (BSFL)], un kurdu larvası (MWL), ev çekirgesi, çayır çekirgesi, cır cır böceği ve bantlı çekirge değerlendirilmiştir. Araştırmanın bulgularında ise çekirgenin ve cır cır böceğinin hayvan beslemeye çok uygun olmadığı ancak kara asker sineği ve un kurdu larvalarının sığırlar için uygun yem materyalinde olduğunu göstermiştir.

Nafisah ve ark. (2019) böceklerin yüksek protein içermesine karşın içerdikleri kitinin ruminant hayvanlarda sindirimleri hususunda yaptıkları çalışmada, kara asker sineği (BSF, *Hermetia illucens*)'nin dış iskeletinin hücre duvarının bir bileşeni olan ve geviş getirenlerin sindirim sisteminde besin kullanım sürecini engelleyebilen kitin içerdiğini bildirmişlerdir. Araştırıcılar yaptıkları çalışmada fiziksel (dış iskelet kısmının ayrılması) ve biyolojik (kitinolitik bakterilerle fermantasyon) işlemlerle BSF'deki kitinin azaltılmasını amaçlamıştır. Çalışmalarında test edilen dört uygulama yapılmıştır; 1)Kontrol: BSF larvası (T1), 2:dış iskeleti olmayan BSF larvaları (T2),

3:balık unu (T3), ve 4:*Bacillus subtilis* ATCC 19659 kullanılarak fermente edilmiş BSF larvaları (T4). Fiziksel ve biyolojik uygulamalar ham lif içeriğini %20,27'den (T1) %4,29'a (T2), %13,18'e (T4) düşürebilmiş ve ADF içeriğinde %21,78'e (T2) ve %19,69'a (T4) kadar bir azalma olmuştur. *Bacillus subtilis* lipaz enzim aktivitesine olduğundan BSF larvalarındaki eter ekstraktını %25,83 oranında azaltabilmiştir. Uygulama yapılmadan izole edilen kitinden deasetilasyon derecesi değeri (T1) 66,11 ile daha yüksek bir değere sahiptir. Bu, kitinolitik bakteriler kullanılarak yapılan fermantasyon işleminin kitinin kalitesini azaltabildiğini ve kitinin özelliklerini değiştirebildiğini göstermektedir. BSF prepupa larvalarının fiziksel ve biyolojik muamelesinin kitin içeriğini azaltabileceği ve bunun da ham lif ve lif fraksiyonunda (NDF ve ADF) azalma ile gösterildiği sonucuna varılabilir. Kitinolitik bakteriler kullanılarak yapılan fermantasyon kitin özelliklerini değiştirebilir ve kitin kalitesini etkileyebileceği sonucuna varılmıştır.

Shah ve ark. (2022) toksik olmayan bir poliglukozamin olan kitosan, doğada yaygın olarak bulunur ve yem katkı maddesi olarak kullanılır. Kitosan, kitinin de-asetilasyon sürecinden elde edilir ve çoğunlukla karides, yengeç ve böcek dış iskeletlerinde bulunur ve antimikrobiyal ve antiinflamatuar, antioksidatif, antitümör ve bağışıklık uyarıcı hipokolesterolemik özelliklere sahiptir. Mevcut kanıtlar, süt inekleri, sığır düveleri, koyun, keçi ve yaklar dahil olmak üzere geviş getiren hayvanlar için yem katkı maddesi olarak kullanılan kitosan ve kitinin bağışıklık düzenleyici, antimikrobiyal ve diğer önemli özellikler de dahil olmak üzere yararlı biyolojik etkilere sahip olduğunu göstermektedir. Kitosan ve kitinin bu özellikleri diğer yem katkı maddelerinden farklıdır ve süt inekleri, sığır düveleri, koyunlar, keçiler ve yaklarda üretim performansı, yem sindirilebilirliği, rumen fermantasyonu ve bakteri popülasyonu üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Kitosan ve kitinin hayvan yemlerinde katkı maddesi olarak kullanılabileceğine dair umut verici kanıtlar vardır ve ruminantlarda bu bileşiklere odaklanan iyi tasarlanmış besleme müdahalelerinin şiddetle teşvik edildiği görülmektedir.

Yapılan bir çalışmada Rey ve ark. (2023) kitosanın (CHI) in-vivo metanogenez ve rumen mikrobiyal popülasyonları üzerindeki aktivitesi ve etki şekli incelenmiştir. Toplam 16 laktasyondaki süt ineği iki gruba ayrıldı, bunlardan birine günlük 135 mg

CHI/kg vücut ağırlığı verildi. Yeme CHI ilavesi rumen mikrobiyal çeşitliliğini etkilemedi ancak Anaeroplasma bakterisinin göreceli bolluğunu (RA) artırdı ve rumen siliatlarının ve protozoalarının bolluğunu azalttı ve bunun sonucunda daha düşük asetik asit/propiyonik orana doğru bir kayma meydana geldi. Bununla birlikte, süt verimi veya metan yoğunluğu üzerinde herhangi bir etki gözlenmedi. Sonuç olarak, 135 mg CHI/kg vücut ağırlığı ilavesi Anaeroplasma'nın RA'sını artırdı ve rumen siliatları ile protozoa'nın RA'sını azalttı, her ikisi de rumen içindeki lif bozulmasıyla farklı şekillerde ilişkiliydi ve ruminal fermantasyonun daha fazla propionat oranına doğru kaymasına neden oldu, ancak, CH_4 emisyonlarını, süt verimini veya süt bileşimini etkilemedi.

Muslykhah ve ark.(2024) böceklerin protein kaynağı olarak rasyonlarda kullanılması olası görülmekle birlikte, böceklerde bulunan bazı bileşiklerin rumen ortamına ve diğer besin maddelerin vücutta kullanımında zarar vermemesi gereklidir. Aynı zamanda böceklerin farklı hayat dönemlerinde (ergin, larva, pupa gibi) ve beslenme ortamlarının farklılıkları nedeniyle besin madde kompozisyonları farklılık gösterebilmektedir. Yapılan çalışmada kara asker sineği larvalarının (BSF) besin maddelerce zengin olmasına karşın elde edilen protein ekstraktlarının kapsüllenmesi, gelecekte ruminant beslenmesinin iyileştirilmesi için sürdürülebilir ve etkili alternatifler sunmak amacıyla umut vadeden bir BSF türevi protein sunduğu belirtilmiştir.

Balık unu yerine sarı un kurdu ile beslenen yumurtacı bıldırcınların yumurta verimleri ve kalitesi ile kan profillerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, bıldırcınların yemden yararlanma oranının değişmediği, serum kolesterol oranının 22,5g/kg ve 30 g/kg gruplarında daha düşük olduğu ve hematolojik özelliklerinin etkilenmediği belirlenmiştir. Balık unu yerine larva ununun ilavesinin bıldırcınların sağlığı üzerine olumsuz bir etkisinin gözlenmediğini ve 30g/kg'a kadar yumurtacı bıldırcınların beslenmesinde kullanılabileceğini belirlemişlerdir (Zadeh ve ark., 2020).

Böceklerin hayvan beslemede yeni ve sürdürülebilir yem olarak kullanılabilirliği böceklerin yetişme şartları, temini, böcek ununun yağ formu, kitinin sindirilebilirliğinin düşük olması, özellikle balık yemlerinde topak stabilitesini azaltabileceğinden yemin besin maddesinin bozulmasına ve yemin lezzetini düşürerek

yem tüketiminin düşmesine neden olabileceği belirtilmiştir. Böcek unlarının rasyonlara pratik olarak dahil edilip edilemeyeceği ve tutarlı miktarda olmadan yem üreticilerine alternatif sunulamayacağı da kesin olmadığı için üretim aşamasına geçilmesi güç olunacaktır. Ancak böceklerin hayvan yemine ilavesinin yapılmasında boşluklar olduğu, bu boşlukların net bir şekilde doldurulması için araştırmalara ihtiyaç duyulacaktır sonucuna ulaşmışlardır (Gasco vd., 2022).

Yumurta tavuklarına soya fasulyesi küspesinin (SFK) yerine siyah asker sineği larva küspesi ikamesinde SFK ile beslenen grupta yumurta ağırlığının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte SFK ile beslenen tavukların kanlarında kolesterol ve trigliserid oranları daha yüksek kreatinin ise larva unuyla beslenen tavuklarda yüksek çıkmıştır. Siyah asker sineği larva küspesinin SFK yerine tamamen kullanılması yem tüketimini azaltmıştır (Marono ve ark., 2017).

Konoval ve ark. (2023) su ürünleri yetiştiriciliğinde balık unu yerine alternatifler yem kayakları ve bunların olası zararlı etkilerini belirlemek için yapılan çalışmada, Coleoptera (4), Diptera (7) ve Orthoptera (5) takımlarından 16 farklı türü incelenmiştir. Ayrıca bunlardan 5'i farklı gelişim aşamasındayken incelenmişlerdir. Analiz edilen bu böcekler, balık unundan daha yüksek oranda yağ ancak daha az protein içermişlerdir. Histidin, treonin ve lizin hariç, böcekler balık ununa benzer bir aminoasit profiline sahipken, Diptera balık ununa en çok benzeyen bir amino asit profili sergilemiştir. Böceklerin yağ asidi profili balık unundan çok farklı bulunmuş ve özellikle n-3 bakımından oldukça farklı ve EPA ve DHA böcekler yoktur. Bununla birlikte, böceklerde omega 6 ve tekli doymamış yağ oranları daha yüksek bulunmuştur.

Sun ve ark. (2012) serbest gezintili ortamda yetiştirilen ve çekirge ile yemlenen broyler piliçlerde göğüs ve but etinde alfa tokoferol ve demir miktarının arttığını bildirmişelerdir. Bununla birlikte antioksidan testlerde glutation peroksidaz (GSh-Px) ve superoksid distmutaz (SOD) aktivitelerinde kontrole göre artış olduğu ancak katalaz (CAT) değerlerinde ise farklılıkların önemli olmadığını bildirmişlerdir. Sonuç olarak, serbest gezintide etlik piliçlere çekirge verilmesinin etlerde oksidasyona karşı koruduğunu ve raf ömrünün uzadığını bildirmişlerdir.

Muslykhah ve ark. (2024) Bu inceleme, yüksek besin içeriği ve minimum çevresel etkisi nedeniyle geviş getiren hayvan yemi için alternatif bir protein kaynağı olarak kara asker sineği (BSF) larvalarının potansiyelini vurgulamaktadır. BSF larvaları, rumen bozulmasından korunması gereken temel amino asitler ve diğer biyoaktif bileşikler sağlar. Kapsülleme teknikleri, bu hassas bileşenlerin işlevselliğini korumak ve geliştirmek için bir çözüm olarak araştırılmaktadır. İnceleme, çeşitli yenilebilir böceklerin besin dönüşüm süreçleri, BSF işleme yöntemleri ve kapsülleme süreci üzerine çalışmaları kapsamaktadır. BSF protein özütlerinin kapsüllenmesi, geviş getiren hayvan beslenmesini iyileştirmek için sürdürülebilir ve etkili alternatifler sağlama konusunda umut vadetmektedir.

(Carrasco and Drewery, 2024) bu çalışmada, yem tüketen sığırlar için protein ilavesi olarak tam kurutulmuş un kurdu larvalarının (MWL) ve yağsız kara asker sineği larvalarının (BSFL) etkileri araştırılmıştır. 5 × 5 Latin kare deneyi kullanılarak, ruminal kanül takılmış beş düveye beş muameleden biri verilmiştir: kontrol (ilave yok), soya unu, BSFL, MWL veya BSFL ve MWL'nin 50/50 karışımı. Protein ilavesi, yem organik madde alımını (FOMI) kontrole kıyasla önemli ölçüde artırmıştır. BSFL ve soya unu, FOMI üzerinde benzer etkilere sahipti, ancak MWL biraz daha az etki gösterdi. Toplam sindirilebilir organik madde alımı (TDOMI) da protein ilavesiyle artırıldı. Organik madde sindirilebilirliği (OMD) ve nötr deterjan lifi sindirilebilirliği (NDFD) muameleden etkilenmemiş, sırasıyla ortalama %66,5 ve %62,7 olmuştur. Ruminal uçucu yağ asidi veya amonyak-N konsantrasyonları üzerinde önemli bir etki görülmemiştir. Sonuçlar, MWL'nin BSFL'den daha fazla yem kullanımını teşvik edebileceğini, ancak her ikisinin de sığırlar için uygulanabilir protein ilaveleri olduğunu göstermektedir.

(Jayanegara, Haryati, ve ark., 2020) Bu çalışma, kara asker sineğinden (BSF) kitinin çıkarılması ve yem katkı maddesi olarak kullanılmak üzere kitosana dönüştürülmesine odaklanmıştır. Çıkarma, yağın uzaklaştırılmasını ve ardından ısı altında asit ve alkali çözeltilerde çözündürülmesini içermektedir. Kitin, NaOH kullanılarak deasetilasyon yoluyla kitosana dönüştürülmüştür. Ürünler, farklı işlemlerle bir in vitro rumen fermantasyon sisteminde test edilmiştir: bir kontrol diyeti (%60 ot, %40 konsantre),

kontrol diyeti artı kitin (%1 ve %2) ve kontrol diyeti artı kitosanın (%1). Sonuçlar, kitin için %33,4 ve kitosan için %61,6 deasetilasyon derecesi göstermiştir.

1.3. Arılarla ilgili çalışmalar

Bal arısı ve bitki ürünleri doğal antimikrobiyaller olarak kümes hayvanı sağlığı ve üretiminin geliştirilmesi üzerine yapılan çalışmada olumlu sonuçların elde edildiği ve bu ürünlerin hayvanlarda antioksidan, cinsel uyarıcı ve immün uyarıcılar işlevleri yerine getirdikleri belirlenmiştir. Arı ve botanik madde kökeni ürünlerin broyler ve yumurta tavuklarında et ve yumurta verini %7 ila 10 civarında ve et ve yumurta kalitesini ise %25'ten fazla artırdığı belirlenmiştir (Lika ve ark., 2021).

(AbdelHakeam ve ark., 2024) soya fasulyesi unu (SBM) yerine farklı seviyelerde (%0, %10, %20, %30) Doğu eşek arısı unu (*Oriental hornet)* kullanılmasının Ossimi erkek kuzuları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Kırk kuzu, ergenliğe kadar devam eden dört aylık bir büyüme deneyi için dört gruba ayrılmıştır. Sonuçlar, OHM diyetlerinin kontrol rasyona kıyasla kuru madde, organik madde ve ham proteinin önemli ölçüde daha yüksek sindirilebilirliğine yol açtığını göstermiştir. OHM rasyonlarında kuzular önemli ölçüde daha yüksek son vücut ağırlığı ve ortalama günlük kazanç göstermiştir. OHM diyetleri ayrıca kontrole kıyasla daha yüksek ruminal uçucu yağ asitleri ve protozoa hücreleri konsantrasyonları ve daha düşük NH3-N konsantrasyonları ile sonuçlanmıştır. Toplam protein, glikoz ve tiroid hormonlarının serum seviyeleri daha yüksek OHM dahil edilmesiyle artarken, düşük yoğunluklu lipoprotein konsantrasyonları azalmıştır. Karaciğer ve böbrek fonksiyonları etkilenmemiştir. Ergenlik parametreleri ve semen özellikleri %30'a kadar OHM ikamesi ile önemli ölçüde iyileşmiştir. Sonuç olarak OHM kuzu performansını iyileştirmiştir ve SBM'ye güvenli bir alternatif olarak önerilmektedir.

Beşlioğlu (2023) çiklet balıklarının erkek bal arısı larvalarıyla (apilarnil) beslenmesinin yumurta verimi ve larval gelişimi artırdığını ve özellikle androjen hormon bakımından da güçlü içeriğe sahip olduğundan yem içerisine ham madde olarak kullanılmasının olumlu sonuçlar doğurduğunu bildirmişlerdir.

Arılar Afrika'nın bazı bölgelerinde en çok tüketilen böcekler arasında yer almaktadır (Van Huis, 2021). Tayland'da insanların beslenmesinde bal arısı en çok tüketilen gıdalar arasında bulunmakta ve ülkede böcek tüketimi gelir seviyesi, coğrafik bölge, böcek ve böcek ürünleri kırsaldan lüks lokantalara kadar geniş bir yelpazede değişebildiği bildirilmektedir. Bal arılarının protein içerikleri domuz etinden ve mineral ve vitamin içerikleri ise tavuk ve karidesten daha yüksektir (Chen ve ark. 1998). Tablo 1.3. Bal arısı ve Tayland'da yaygın bazı besin proteini kaynaklarının besin madde analizleri

Besin maddeleri	Bal arısı[b]	İmparator güvesi[c]	Domuz[d]	Tavuk[e]	Karides[f]
Enerji, kcal/100 g	-	370,50	318,85	138,46	92,38
Protein, g	15,21	28,23	12,09	15,24	7,99
Yağ, g	19,80	-	21,84	4,14	0,62
Kalsiyum, mg	0,50	0,35	7,02	8,88	39,56
Sodyum, mg	4,40	-	45,24	61,05	62,78
Potasyum, mg	83,10	-	202,80	265,66	114,38
Fosfor, mg	-	0,70	137,28	148	96,32
Magnezyum, mg	26,80	54,0	-	27,38	28,81
Demir, mg	1,89	35,50	1,79	1,33	0,76
Bakır	0,04	2,40	-	0,22	0,10
Çinko, mg	1,05	22,99	-	0,63	0,99
Tiamin, mg	0,02	3,67	0,51	0,06	0,02
Riboflavin, mg	0,20	1,91	0,62	0,37	0,36
Niasin, mg	-	5,20	2,89	5,03	1,04

[b:]Apis mellifera larva (Niijima ve ark., 1986), [c:]Usta terpsichore Massen & Weymer, Lepidoptera (Gullan and Cranston 1994, DeFoliarr 1989). [d]:Sus domesticus L. (Anonymous 1981), [e:] Gallus domesticus L. (Anonymous 1981).[f:] Crangon crangon L. (Anonymous 1981).

Bu araştırıcılar tarafından yapılan karşılaştırmalı besin madde analizleri Tablo 1.3. de sunulmuştur. Tablo 1.3'e göre arılarla, domuz, tavuk ve karidesin protein oranları karşılaştırıldığında sırasıyla 100 gramda 15,21 g, 12,09, 15,24 ve 7,99 g ham protein;

19,80, 21,84, 4,14 ve 0,62 g lipid, 0,50, 7,0,2, 8,88 ve 39,56 mg kalsiyum ve %4,40, 45,24, 61,05 ve 62,78 mg sodyum; 1,89, 1,79, 1,33 ve 0,76 mg demir; 0,02, 0,51, 0,06 ve 0,02 mg tiamin; 0,20, 0,62, 0,37 ve 0,36 mg riboflavin içerdiği bildirilmiştir (Chen ve ark., 1998).

Ghosh ve ark. (2016) larva, pupa ve erişkin arılarda protein oranının sırasıyla, %35,3, 45,9 ve 51,0; yağ oranın % 14,5, 16,0 ve 6,9; karbonhidrat oranın % 46,1 34,3 ve 30,6; kül oranının %4,1, 3,8 ve 11,5 ve enerji değerlerinin 455,8, 465,0 ve 388,4 kkal/100 g kuru madde olduğunu bildirmişlerdir (Tablo 1.4.).

Tablo1.4. *Apis mellifera ligustica*'nın işçi arılarının larva, pupa ve yetişkin (kanatlar hariç) dönemlerdeki besin madde içerikleri*

Dönem	Nem	Ham protein, KM	Ham yağ, KM	Karbonhidrat, KM	Ham kül, KM	Enerji, kcal/100 g KM
Larva	74,4	35,3	14,5	46,1	4,1	455,8
Pupa	79,3	45,9	16,0	34,3	3,8	465,0
Erişkin	65,6	51,0	6,9	30,6	11,5	388,4

*(Ghosh ve ark., 2016)'den alınmıştır.

Apis mellifera ligustica'nın işçi arılarının larva, pupa ve yetişkin dönemlerdeki amino asitleri bileşimi Tablo 1.5.'te verilmiştir. Tabloya göre esansiyel amino asit içerikleri bakımından böceklerin tahıllardan daha yüksek olduğu görülmektedir. Nitekim kanatlıların besin madde gereksinimleri ve yemlerin besin madde içerikleri incelenmesinde başta lizin, treonin ve arjinin gibi bitkisel kaynaklı yemlerde sınırlı düzeyde bulunan amino asitlerin oranlarının böceklerde oldukça yüksek oldukları görülmektedir (Tablo 1.5.).

Tablo 1.5. *Apis mellifera ligustica*'nın işçi arılarının larva, pupa ve yetişkin dönemlerdeki amino asitleri bileşimi*

Amino	Larva		Pupa		Erişkin	
asit	g	%	g	%	g	%
Valin	1,7	6,2	2,4	5,9	2,7	6,9
İsolosin	1,6	6,0	2,3	5,6	2,2	5,6
Lösin	2,5	9,4	3,2	7,7	3,8	9,6
Lisin	1,9	7,0	3,0	7,3	2,6	6,6
Tirosin	1,5	5,5	2,0	4,9	1,8	4,5
Treonin	1,6	6,1	1,9	4,6	2,1	5,5
Fenilalanin	0,2	0,8	0,2	0,5	0,4	0,9
Histidin	0,7	2,6	1,1	2,7	1,0	2,5
Triptofan		0		0	0,01	0,03
Arjinin	1,6	6,0	2,3	5,6	2,3	5,9
Aspartik asit	2,6	9,7	3,5	8,7	3,2	8,2
Serin	1,4	5,0	2,0	4,9	2,3	5,9
Glutamik asit	5,0	18,6	8,4	20,6	6,0	15,1
Glisin	1,4	5,1	2,5	6,1	3,0	7,6
Alanin	1,6	5,9	2,9	7,0	3,8	9,6
Sistein	0,3	1,3	0,4	1,0	0,7	1,7

*(Ghosh ve ark., 2016)'den alınmıştır.

Apis mellifera ligustica'nın işçi arılarının larva, pupa ve yetişkin (kanatlar hariç) dönemlerdeki yağ asitleri bileşimi (mg/100 g KM ve toplam yağ asitlerinin %'si) Tablo 1.6.'da verilmiştir. Tabloda esansiyel yağ asitlerinden sadece linoleik asitin erişkin arılarda bulunduğu görülmekte olup larva ve pupa formlarında ise bu yağ asidi bulunmamaktadır. Alfa-linolenik (Omega-3) yağ asidi ile araşidonik asit ise arılarda bulunmamıştır. Dolaysıyla arıların esansiyel yağ asitleri bakımından yeterli olmadığı düşünülmektedir.

Tablo 1.6. *Apis mellifera ligustica*'nın işçi arılarının larva, pupa ve yetişkin (kanatlar hariç) dönemlerdeki yağ asitleri bileşimi (mg/100 g KM ve toplam yağ asitlerinin %'si)

	Larva		Pupa		Erişkin	
	Mg	%	Mg	%	Mg	%
Kaprik asit	0	0	0	0	3,4	0,2
Laurik asit	15,5	0,3	24,6	0,4	4,5	0,3
Miristik asit	116,6	2,4	157,5	2,9	9,8	0,6
Palmitik asit	1844	37,3	1942,2	35,1	250,8	14,4
Margarik asit	0	0	0	0	7	0,4
Stearik asit	584,9	11,8	696,8	12,6	162,4	9,3
Ara toplam	2561	51,8	2821,1	51,1	437,9	25,2
Palmitoleik asit	35,1	0,7	31,1	0,6	44,7	2,6
Oleik asit	2346,1	47,5	2632,1	47,6	785,5	45,2
Eikosenik asit	0	0	41,6	0,8	333,4	19,2
Ara toplam	2381,2	48,2	2704,8	48,9	1163,6	67,0
Linoleik asit	0	0	0	0	135,5	7,8
Alt toplam					135,5	7,8

*(Ghosh ve ark., 2016)'den alınmıştır.

Ghosh ve ark. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada elde edilen *Apis mellifera ligustica*'nın işçi arılarının larva, pupa ve yetişkin (kanatlar hariç) dönemlerdeki mineral bileşimi Tablo 1.7.'de verilmiştir.

Westwood larva ununun balık ununa alternatif olarak yumurta kalitesine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; yüksek protein değerine sahip olduğundan balık unu yerine kullanılabilirliği sonucuna ulaşmış olup kanatlı rasyonlarında ve yumurtacı tavuklarda kullanımının her hangi bir olumsuzluğa rastlanmayıp rasyonda %75 oranında balık unu yerine kullanılabilir sonucuna ulaşmışlardır (Amao ve ark., 2010).

Tablo 1.7. *Apis mellifera ligustica*'nın işçi arılarının larva, pupa ve yetişkin (kanatlar hariç) dönemlerdeki mineral bileşimi (mg/100 g)

Mineral	Larva	Pupa	Erişkin
Kalsiyum	84,9	97	222,9
Magnezyum	177	193,9	201,7
Sodyum	59,4	60,8	75,6
Potasyum	1871,9	2207,3	1585,4
Demir	13,3	15,3	37,7
Çinko	11,6	11,7	14
Bakır	3,6	3,7	4,6
Manganez	1,2	0,7	21,9
Fosfor	782,5	900	860,1

*(Ghosh ve ark., 2016)'den alınmıştır.

Tavukların rasyonlarına sarı un kurdu ve siyah asker sineği larvası eklenmesinin piliçlerin tüylenme skoru, ayak yangısı ve taban dermatitisi üzerine etkilerinin önemli olmadığı belirlenmiştir. Bununla birlikte larva verilen hayvanlarda piliçlerin kanat çırpma, gerinme, gagalama gibi davranışlarında artış olduğu belirlenmiştir (Biasato ve ark., 2022).

Pretorius (2011) yaptığı bir tez çalışmasında detaylı incelemeler yapmış ve ev sineği larvası ununun kuru madde bazında 20.10 MJ/kg brüt enerji, %60.38 ham protein, %14.08 ham yağ ve %10.68 kül içerdiğini ve ev sineği pupasının 20.42 MJ/kg brüt enerji, %76.23 ham protein, %14.39 ham yağ ve %7.73 kül içerdiğini göstermiştir. Yine amino asit analizlerinde ev sineği pupası unu, piliçlerin ihtiyaç duyduğu amino asit profiline yakın bir değere sahip olduğu, arjinin ve lizin değerlerinin çok yakın olduğunu bildirmiştir. Esansiyel yağ asidi linoleik asit, ev sineği larvaları ve pupa unu için toplam yağların sırasıyla %26.25 ve %36.27 seviyelerinde bulunmuştur.

Araştırıcı, ev sineği larvası unu ilavesinin etlik piliçlerde taşlık erozyonu oluşturmadığı ve toksisite göstermediğini tespit etmiştir. Araştırıcı, ev sineği pupası ununun, ev sineği larvası ununun daha fazla besin madde sindirilebilirliğine sahip olduğunu, ev sineği larvası ununun sindirilebilirliği %69 iken pupa ununun %79 olduğunu göstermiştir. Ev sineği larvası ve pupa unu sırasıyla 14,23MJ/kg ve 15,15 MJ/kg'lık zahiri metabolize enerji (AME) değerine sahip olduğunu rapor etmiştir. Pretorius çalışmasında, ev sineği larvası unu ile broylerleri beslemenin, ticari mısır-soya küspesi ile beslemeye göre kesimdeki ortalama canlı ağırlıklarını, yem tüketimini ve ayrıca ortalama günlük kazancı (ADG) değerlerini önemli derecede artırdığını tespit etmiştir. Balık unu ile karşılaştırmada, %larva unu ve balık unu katılımının performans değerleri arasında bir farklılık olmadığını belirlemiştir. Yine, %25 ev sineği larvası unu diyeti, büyüme evrelerinde %25 balık unu diyetiyle karşılaştırıldığında, kesimdeki ortalama broyler canlı ağırlıkları, toplam yem tüketimi, kümülatif yem tüketimi (ikinci haftadan kesime kadar) ve ayrıca ortalama günlük kazancı önemli ölçüde daha iyi sağladı.

Kara asker sineği larvalarının, ev sineği kurtçuklarının, un kurdunun, çekirge-çekirge-cırcır böceklerinin ve ipekböceği ununun ham protein %42 ila 63 ve lipit içeriklerinin %36'ya kadar yüksek olduğu, doymamış yağ asidi konsantrasyonları ev sineği kurtçuk unu, un kurdu ve ev cırcır böceğinde yüksektir (%60-70) ve kara asker sineği larvalarındaki konsantrasyonları ise en düşüktür (%19-37). Çalışmalar, böcek türüne bağlı olarak soya unu veya balık ununun %25-100'ünü yerine kullanılabileceğini değiştirebileceğini göstermiştir. Bununla birlikte ipek böceği unu hariç diğer böcek unları metiyonin ve lizin amino asitleri bakımından yetersizdir. Ayrıca çoğu böcek unu Ca bakımından yetersizdir bu nedenle Ca ihtiyacı fazla olan hayvanlarda rasyonda ilave Ca kaynağı kullanılması gereklidir (Makkar ve ark., 2014).

Protein yem kaynaklarının kıtlığı, dünya çiftlik hayvancılığı endüstrisinin karşılaştığı en büyük zorluktur. Böcekler, kümes hayvanları için alternatif bir protein kaynağı olarak bilinmektedir. Kümes hayvanı rasyonlarında kullanılmak üzere çok çeşitli böcekler mevcuttur. Böcek larvaları gübre ve organik atıklarda gelişir ve kendilerini mikrobiyal enfeksiyonlardan korumak için antimikrobiyal peptitler üretir ve ayrıca bu peptitler kümes hayvanı yeminde de işlevsel olabilir. Antimikrobiyal peptitler içeren

yem, kümes hayvanlarında büyüme performansını, besin sindirilebilirliğini, bağırsak sağlığını ve bağışıklık fonksiyonunu iyileştirebilir. Böcek unu, geleneksel yem maddelerine kıyasla daha yüksek miktarda esansiyel amino asit içerir. Siyah asker sineği, un kurdu, ev sineği, cırcır böceği/çekirge (Orthoptera), ipek böceği ve solucan, piliç ve yumurta tavuğu rasyonlarında yaygın olarak kullanılan böcek yemekleridir. Bu makale böcek yemeklerinin besin profillerini özetlemekte ve kümes hayvanı rasyonlarına dahil edildiklerinde etkinliklerini incelemektedir. Böcek unu ürünlerindeki ve kümes hayvanı türlerindeki farklılıklar nedeniyle, çalışmalar arasında tutarsız sonuçlar fark edilmiştir. Makalede, uygun kullanım için temel zorluk ve kümes hayvanı diyetinde böcek ununun umut verici olasılığı da ele alınmaktadır. Böcek unundan alternatif bir protein kaynağı olarak tam olarak yararlanmak ve işlevsel etkilerini göstermek için etki biçimlerinin anlaşılması gerekir. Daha doğru ve güvenilir çalışmaların ortaya çıkmasıyla, böcek unları şüphesiz kümes hayvanı yemi endüstrisinde daha önemli bir rol oynayacaktır Elahi ve ark. (2022).

Elahi ve ark. (2020) broyler rasyonlarına %2, %4 ve %8 kurutulmuş sarı un kurdu larvası (SUL) eklenmesinin canlı ağırlık ve canlı ağırlık artışını önemli derecede artırdığı ve en iti FCR değerinin %4 SUL ilavesi ile elde edildiğini bildirmişlerdir. SUL ilave edilen yemle beslenen broyler civcivlerinin hematolojik özellikleri önemli derecede farklılık göstermemiştir. Taze %10.48 un kurduyla beslenen broyler civcivler, %4 kurutulmuş SUL muadillerine kıyasla önemli ölçüde daha düşük karın yağı yüzdesine sahip olmuş ve SUL ilavesi broylerlerin et kalitesini önemli ölçüde etkilememiştir. Sonuç olarak, broyler yemlerine %4 SUL ilavesi başlangıç aşamasında civcivlerde erken büyümeyi teşvik edebileceğine karar verilmiştir.

Kümes hayvanları için alternatif besin kaynağı olarak böcek unu kullanımının incelendiği çalışmada, böcek ununun geleneksel yem maddeleriyle karşılaştırıldığında daha fazla esansiyel aminoasit içerdiği belirtilmiştir. Yalnız, böceklerin yetiştirildiği dönem, böcek ununun elde edilme aşaması besin maddesi kompozisyonu dikkate alınarak gerekli ilaveler yapılması böcek unundan elde edilecek yaralanmayı arttıracaktır (Elahi ve ark., 2022).

Bal arısı yavrularının teknoloji, gastronomi uygulanabilirliğinin ve kompozisyonlarının incelendiği araştırmada; bal arısı yavrularının protein (esansiyel

amino asitler dahil), yağ (esas olarak doymuş ve tekli doymamış yağ asitleri), karbonhidratlar, C vitamini ve B kompleksi vitaminleri ve potasyum, magnezyum, kalsiyum ve fosfor gibi mineraller açısından zengin olduğunu göstermiş ayrıca yağ ve protein içeriğinin artması ve larval aşamadan pupa aşamasına doğru karbonhidratların azalmasıyla, gelişim aşamasına göre bazı değişkenliklerin olduğu vurgulanmıştır (Guiné ve ark., 2022).

1.4. Böceklerin metan gazı üretimine etkileri

Jayanegara ve ark. (2020) böceklerin geviş getiren hayvanlar için yem olarak değerlendirilmesi bugüne kadar sınırlı kaldığını yeterli sayıda çalışma olmadığını bildirmişelerdir (Jayanegara ve ark. 2017; Astuti ve ark. 2019). Bu durum böceklerin geviş getiren hayvanlar için kullanılmasının sığır süngerimsi ensefalopatisi (BSE) veya deli dana hastalığına neden olma potansiyel riskiyle ilişkili olabileceğini, ancak bugüne kadar böyle bir soruna dair bir kanıt bulunmadığı belirlenmiştir. AB düzenlemeleri, böcek proteini de dahil olmak üzere gıda üreten evcil hayvanlar için yemde karasal hayvanlardan elde edilen proteinin kullanılmasını yasaklamaktadır (Finke ve ark., 2015). Gelişmekte olan bölgeler de dahil olmak üzere birçok başka ülkede, böceklerin ve türevlerinin geviş getiren hayvanlar için yem olarak kullanımıyla ilgili daha az net veya hatta hiç özel düzenleme yoktur (Bessa ve ark. 2020).

Toral ve ark. (2022) geviş getiren hayvanlar için alternatif protein kaynakları olarak dört böceğin (Tenebrio molitor, Zophobas morio, Alphitobius diaperinus ve Acheta domesticus) kullanımını araştırdığı çalışmasında, dört böceğin azotu (81-112 g/kg kuru madde) soya fasulyesi ununun daha düşük ruminal bozunma (%41-76) göstermiş, ancak yüksek *in vitro* bağırsak sindirilebilirliği (≥64%) göstermiştir. Böcekler arasında T. molitor en düşük ruminal N bozunmasını ve en yüksek bağırsak sindirilebilirliğini gösterdi ve bu da onu sürdürülebilir ruminant yemi için soya fasulyesi ununa umut vadeden bir alternatif olduğunu bildirmişlerdir.

Ahmed ve ark. (2021) ruminant diyetinde %60 çayır otu ve %40 soya küspesinin (SBM) kullanıldığı bir karışımda %30 SBM+%10 böcek unu yerine (%25 oranda SBM azaldı) in vitro inkübasyon yoluyla kullanıldığında, Acheta domesticus (A.d),

Brachytrupes portentosus (B.p), Gryllus bimaculatus (G.b) ve Bombyx mori (B.m) olmak üzere dört farklı yenilebilir böceğin kimyasal bileşimini ve etkilerini değerlendirmişlerdir. Deney, 39°C'de 24 saat boyunca kısa süreli toplu kültür olarak yürütülmüş ve inkübasyon 3 ardışık çalışmada tekrarlanmıştır. Böceklerin kimyasal analizi, yüksek oranda doymamış yağ asitleri (%60-70) ile yağ açısından zengin (%14-26) olduklarını göstermiştir. Ek olarak, böcekler tüm temel amino asitleri içeren protein açısından zengin bulunmuş (%48-61) ve böceklerin amino asit profilleri SBM'ninkiyle hemen hemen aynı çıkmıştır. Böceklerin dahil edilmesi besin sindirilebilirliğini veya uçucu yağ asitlerinin üretimini etkilememiş, ancak amonyak-azot üretimini arttırmıştır. G.b ve B.m'nin eklenmesi metan üretiminde sırasıyla %18 ve %16'ya kadar azalmaya yol açmıştır. Bu sonuçlar, test edilen böceklerin diyetinde %25 SBM'nin değiştirilmesinin olumsuz bir etkisi olmadığını ve metan üretimini azaltma potansiyellerinin çevresel bir fayda olduğunu ortaya koymaktadır.

Ahmed ve ark. (2021) çeşitli böceklerin kimyasal bileşimi, in vitro rumen fermantasyonu, sindirilebilirliği ve metan emisyonları değerlendirildi. İncelenen böcekler Jamaika tarla cırcır böcekleri (JFC), un kurtları (MW) ve 1 ve 2 haftalık kara asker sineği larvalarıydı (BSF1 ve BSF2). Tüm böcek öğünleri yüksek ham protein içeriği gösterdi, BSF2 özellikle yüksek oranda nötr deterjanda çözünmeyen CP içeriyordu. Soya fasulyesi unu (SBM) ile karşılaştırıldığında, böcek öğünleri daha düşük in vitro sindirilebilirliğe ve metan emisyonlarına sahipti. Bu nedenle, böcek öğünleri daha düşük metan emisyonlarına sahip umut verici protein ilaveleridir, ancak düşük sindirilebilirlikleri kullanımlarını sınırlayabilir.

Renna ve ark. (2022) Bu denemede, sekiz tam yağlı böcek öğününün geviş getiren hayvan beslenmesinde protein ve lipit kaynağı olarak potansiyeli değerlendirildi. İncelenen böcekler Acheta domesticus (ACD), Alphitobius diaperinus (ALD), Blatta lateralis (BL), Gryllus bimaculatus (GB), Grylloides sygillatus (GS), Hermetia illucens (HI), Musca domestica (MD) ve Tenebrio molitor (TM) idi. Bunlar soya fasulyesi unu, kolza tohumu unu, ayçiçeği unu ve balık unu (FM) ile karşılaştırıldı. Sonuçlar, böcek öğünlerinin bitki öğünlerine kıyasla daha düşük toplam gaz ve metan üretimine, uçucu yağ asidi üretimine ve in vitro organik madde kaybına yol açtığını gösterdi. Ek olarak, böcek öğünleri rumen sıvısında daha düşük amonyak seviyelerine

yol açtı. Böcek öğünleri arasındaki fermantasyon parametrelerindeki değişiklikler, kitin, ham protein, eter özütü içerikleri ve yağ asidi profillerinden etkilenmiş olup, yüksek çoklu doymamış yağ asidi veya C12:0 içeriği ruminal fermantasyonları kısmen engellemiştir. Bu nedenle, bağırsakta sindirilebilirliği yüksek olmak koşuluyla, böcek yemleri düşük metan emisyonu ve amonyak seviyeleri nedeniyle ruminant rasyonlarında avantajlı olabilir.

Hervás ve ark. (2022) ruminant rasyonlarında soya fasulyesi yağına alternatif olarak çeşitli böcek yağlarının ve kitosanların potansiyeli değerlendirilmiştir. Amaç, enerji yoğunluğunu artırmak ve süt ve etin yağ asidi (FA) profilini iyileştirdiğini gözlemlemekti. 5 × 2 faktöriyel tasarımla yürütülen denemede, kitosanlı veya kitosansız kontrol ve yağ ilaveleri dahil olmak üzere 10 muamele incelenmiş ve soya fasulyesi, kara asker sineği, cırcır böceği ve ipek böceği yağları, kara asker sineğinden elde edilen kitosanla birlikte test edilmiştir. Sonuçlar, böcek yağlarının ruminal fermantasyonu olumsuz etkilemeden soya fasulyesi yağının yerini alabileceğini göstermiş. Özellikle cırcır böceği yağı, trans-11 18:1 gibi biyoaktif FA'ların birikimini artırırken, kara asker sineği yağının doymamış FA'lar üzerinde ihmal edilebilir bir etkisi olduğu ancak böcek kitosu, ruminal FA biyohidrojenasyonunu veya fermantasyon parametrelerini önemli ölçüde değiştirmediğini belirtmişlerdir.

Jayanegara ve ark. (2020) kurtçuklardan, krotoslardan, süper kurtçuklardan, un kurtlarından ve cırcır böceklerinden elde edilen yağların yağ asidi profilleri değerlendirilmiş ve bunların in vitro rumen fermantasyonu ve metanogenez üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Yağlar, bir Soxhlet cihazında heksan kullanılarak çıkarıldı. Yüksek yem (süt ineği) ve yüksek konsantre (et sığırı) rasyonlarına %5 kuru madde oranında eklendi. Kurtçuk yağı esas olarak C12:0 (%43,1) iken, kroto yağı C18:1n-9 (%38,8) ve C16:0 (%20,8) açısından zengindi. Süper kurtçuk, un kurdu ve cırcır böceği yağlarında önemli miktarlarda C16:0 (%19,5-31,2), C18:1n-9 (%25,8-44,6) ve C18:2n-6 (%24,0-27,9) vardı. Böcek yağı ilavesi, uçucu yağ asidi seviyelerini etkilemeden metan emisyonlarını azalttı ve un kurdu yağı en düşük metan emisyonunu gösterdi. Bu yağlar ruminal amonyak konsantrasyonunu etkilemedi ancak kuru ve organik madde sindirilebilirliğini azalttı. Genel olarak böcek yağları orta zincirli ve

tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) açısından zengindir ve enterik metan emisyonlarını azaltabilir.

Ningsih ve ark. (2023) Kara asker sineği yağı ve kara asker sineği kalsiyum sabununun Garut koyunlarında rumen fermentasyonu üzerindeki etkilerini inceleyen araştırıcılar 15'er 3 gruba ayırıp 1.kontrol (takviye yok) 2. %4 kara asker sineği yağı ilaveli ve 3.%4 kara asker sineği kalsiyum sabunu ilave edilmiş gruplar incelenmiştir. Araştırmanın sonucunda pH değeri, amonyak konsantrasyonu ve protozoa popülasyonu etkilenmezken, VFA konsantrasyonu ve bakteri popülasyonunun kara asker sineği kalsiyum sabunu grubunda önemli ölçüde daha yüksek olduğunu belirtmişler ve bu da kara asker sineği kalsiyum sabunu takviyesinin rumen fermantasyonunu iyileştirdiğini göstermektedir sonucuna ulaşmışlarıdır.

Büyükkılıç Beyzi (2020) ayçiçeği tohumu unu (SM) yerine kağıt eşek arısı (*Polistes instabilis)* kullanılmasının in vitro metanogenez, rumen fermantasyonu ve besin sindirilebilirliği üzerindeki etkileri incelenmiştir. PI, altı muamele grubunda SM'yi %0,5, %1, %2, %4 ve %8 oranlarında değiştirmiştir. Bulgular, diyetteki PI seviyelerinin artırılmasının gaz ve metan üretimini azalttığını ortaya koymuştur. P8 grubu en düşük in vitro organik madde sindirilebilirliğine, metabolize edilebilir enerjiye ve net enerji laktasyon (NEL) sahipti. Ruminal pH doğrusal olarak değişmemiş, P2 grubunda P0,5'e kıyasla daha yüksek pH bulunmuştur. Propiyonik asit konsantrasyonu P1 ve P4'te en düşük, P8'de en yüksek iken, butirik asit konsantrasyonu diyetten etkilenmemiştir. Kısa zincirli yağ asitleri PI replasmanı ile doğrusal olarak azalmıştır. Fermantasyon verimliliği P8'de en yüksek iken, PI'daki yüksek lipid içeriği genellikle %8 katılımda daha düşük gaz üretimi ve sindirilebilirlikle sonuçlanmıştır. Genel olarak, PI metan emisyonlarını azaltma potansiyeline sahiptir ancak daha yüksek seviyelerde sindirilebilirliği düşürebilir.

Boussalia, (2021) ssoya fasulyesinin yağı yerine farklı böcek yağları kullanılmasının ve ruminant rasyonlarında kitosanın etkisini araştırmak amacıyla yapılan bir *in vitro* çalışmada kontrol yemine %2 soya yağı ve bazı böcek yağları (ipekböceği, cırcır böceği yağı, kara asker sineği yağı) ve bu gruplara %3 kitosan ilave edilmiştir. Yağ asidi (YA) analizleri, soya fasulyesi yağı ve cırcır böceği yağı çoğunlukla 18:2n-6 (toplam FA'nın sırasıyla %52,4 ve %30,8'i) içerirken, ipekböceği yağı çoğunlukla

18:3n-3 ve cis-9 18:1 (toplam FA'nın sırasıyla %28,5 ve %32,7'si) olduğu belirlenmiştir. Kara asker sineği yağı düşük konsantrasyonlarda doymamış yağ asidi bulunmuş ve 12:0 yüksek oranda bulunmuştur (%55,1). Bu sonuçlar, türlere bağlı olarak böceklerin yağ asidi profilinde önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. Ruminal fermantasyonu gösteren parametrelerin hiçbiri (gaz üretimi, pH, DM kaybolması, amonyak konsantrasyonu ve uçucu FA üretimi ve oranları), doymamışlık derecelerine bakılmaksızın soya fasulyesi yağı veya böcek yağları ile ilave nedeniyle herhangi bir değişiklik olmamıştır. Bu sonuçlara göre kuru madde bazında %2 böcek yağları katılması soya yağına uygun bir alternatif olabileceğini düşündürmektedir. Aksine, kara asker sineğinden elde edilen %3 KM'lik kitosan diyet ilavesinin fermantasyon üzerinde önemli bir etkisi görülmemiştir. Araştırıcılar, süt ve et gibi ruminant kaynaklı ürünlerin lipid profilini iyileştirmek için cırcır böceği yağı, trans-10 18:1 konsantrasyonunu değiştirmeden potansiyel olarak sağlığı geliştiren trans11 18:1'i artırdığı için soya fasulyesi yağına en uygun alternatifi temsil edebilir.

Ahmed and Nishida (2023) Bu çalışmada, geviş getiren hayvan rasyonlarında cır cır böceği (*Gryllus bimaculatus) ve ipek böceği (Bombyx mori*) optimum dahil edilme seviyeleri ve bunların rumen fermantasyonu ve metan üretimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bir in vitro model kullanılarak, böcekler %60 ot, %40 konsantre diyete %10, %20, %30 ve %40 seviyelerinde ikame edilmiştir. Sonuçlar, %20'ye kadar böcek eklemenin besin sindirilebilirliğini olumsuz yönde etkilemediğini ve amonyak-azot üretimini artırdığını göstermiştir. % 20'nin ötesinde, yüksek yağ içeriği nedeniyle toplam gaz üretimi, besin sindirilebilirliği ve uçucu yağ asitleri üretimi önemli ölçüde azalmıştır. Bu nedenle, G. bimaculatus ve B. mori %20'ye kadar dahil edilmeye kadar yaşayabilir, ancak geviş getiren hayvan yemi formüle edilirken yağ içeriği dikkate alınmalıdır.

Shah ve ark. (2022) süt inekleri, dana düveleri, koyunlar, keçiler ve yaklar gibi geviş getiren hayvanlar için alternatif yem katkı maddeleri olarak kitosan ve kitinin potansiyelini vurgulamaktadır. Karides, yengeç ve böcek dış iskeletlerinde bulunan kitinden türetilen kitosan, antimikrobiyal, anti-inflamatuar, antioksidan ve bağışıklık uyarıcı özelliklere sahiptir. Çalışmalar, kitosan ve kitinin yem alımını, sindirilebilirliği, rumen fermantasyonunu ve mikrobiyotayı olumlu yönde etkileyerek

üretim performansını artırdığını göstermektedir. İklim değişikliği ve arazi bozulması zorlukları ortasında, bu bileşikler sürdürülebilir çözümler sunmaktadır ve hayvan yemlerindeki faydalarını optimize etmek için daha odaklı besleme müdahaleleri önerilmektedir.

Phesatcha ve ark. (2022) protein ilavesi olarak cırcır böceği (Gryllus bimaculatus) unu (CM)'nin in vitro gaz üretimi, rumen fermantasyonu ve metan (CH4) azaltımı üzerindeki etkilerini araştırmaktır. Diyet uygulamaları, 2 × 5 faktöriyel düzenleme ile tamamen tesadüf parselleri deneme planında rastgele atandı. İlk faktör, kaba yem/konsantrenin iki oranı (R:C 60:40 ve 40:60) ve ikinci faktör, soya unu (SBM) yerine geçecek CM seviyesiydi. Konsantrasyon oranları sırasıyla 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 ve 0:100 idi. In vitro KM parçalanabilirliği ve propiyonik (C3) konsantrasyonunun önemli ölçüde arttığı ($p < 0,05$), gaz üretimi (a + b), asetat (C2), asetat ve propiyonat (C2:C3) potansiyel düzeyinin ise arttığı bulundu.) oranı ve protozoal popülasyon, R:C oranının azaltılması ve SBM'nin CM ile değiştirilmesiyle azaldı ($p < 0,05$). Ek olarak, rumen CH4 üretimi, SBM için CM seviyelerinin artırılmasıyla zayıflatıldı ($p < 0,05$). Bu çalışmada, CM, C3 konsantrasyonunu ve DM parçalanabilirliğini artırarak, metan üretimini ve C2:C3 oranını azaltarak rumen fermantasyonunu iyileştirme potansiyeline sahiptir. Etkiler düşük yem seviyelerinde daha belirgindi ($p < 0,05$).

Jayanegara ve ark. (2021) rumen mikrobiyal kültüründe metan emisyonlarını azaltmak için yem ilavesi olarak kurtçuk yağı değerlendirilmiştir. Kurtçuk yağı, yem: konsantre karışımına farklı seviyelerde (%0-5) eklenmiştir. Sonuçlar, %4-5 oranında kurtçuk yağının metan emisyonlarını %20,7-26,9 oranında azalttığını ancak daha düşük seviyelerde emisyonları değiştirmediğini göstermiştir. Organik madde sindirilebilirliği, daha yüksek yağ seviyelerinde azalırken, uçucu yağ asidi konsantrasyonu etkilenmemiştir. Şaşırtıcı bir şekilde, %3-5 oranında kurtçuk yağı, protozoa popülasyonunu ve amonyak konsantrasyonunu artırmıştır. Genel olarak, kurtçuk yağı, doza bağlı etkilerle ruminal metan emisyonlarını azaltmak için ümit verici bir ilavedir.

Hanönü ve ark. (2024) Bu çalışmada, yonca samanına un kurdu larvalarının (Tenebrio Molitor L.) eklenmesinin in vitro gaz ve metan üretimi üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

Un kurtları %0,5, %1 ve %1,5 kuru madde oranlarında eklenmiştir. Sonuçlar, kontrol grubuyla karşılaştırıldığında un kurdu ilaveli gruplarda daha yüksek gaz üretimi ve artan organik madde sindirilebilirliği ile laktasyon için net enerji göstermiştir. Metabolik enerji değerleri un kurdu ilavesiyle doğrusal olarak artmasına rağmen, metan üretimi etkilenmemiştir. Bu nedenle, yem katkı maddesi olarak un kurdu larvaları, metan üretimini etkilemeden yonca sindirilebilirliğini artırabilir ve potansiyel olarak geviş getirenlerin yem sürdürülebilirliğini artırabilir. Daha fazla in vivo çalışma önerilmektedir.

Kahraman ve ark. (2023) süt ineği rasyonlarında soya unu (SBM) yerine yağsız kara asker sineği larvaları (BSF) kullanılmasının etkileri incelenmiştir. %20 ve %40 BSF içeren iki toplam karışık rasyon (TMR), bazal bir rasyonla (TMR0) karşılaştırılmıştır. Değerlendirilen parametreler arasında uçucu yağ asidi (VFA) seviyeleri, toplam gaz üretimi, metan emisyonu, amonyak, pH, karbondioksit, in vitro kuru madde sindirilebilirliği (IVKMS) ve 24 ve 48 saatlik inkübasyondan sonra nötr deterjan lifi sindirilebilirliği (IVNDFS) yer almıştır. Sonuçlar, her iki zaman noktasında da TMR20 ve TMR40 gruplarında önemli ölçüde daha düşük amonyak seviyeleri göstermiştir. Toplam VFA seviyeleri TMR0 grubunda 24 saatte artmıştır. En yüksek IVDMD, 24 saatte TMR20 ve TMR40'ta, en yüksek IVNDFD ise 24 saatte TMR20'de ve 48 saatte TMR40'ta bulunmuştur. %20 ve %40 SBM yerine BSF kullanılması IVDMD ve IVNDFD'yi iyileştirirken, TMR20 ve TMR40'ın 48 saatte en yüksek kümülatif gaz üretimine sahip olduğu görüldü. Bu nedenle BSF'nin sindirilebilirliği ve in vitro rumen fermantasyonunu olumlu yönde etkilediği ve süt ineği rasyonlarında kullanılması önerilmiştir.

Prachumchai and Cherdthong, (2023) farklı kaba yem-konsantre (R:C) oranları (60:40 ve 40:60) ve BSFO seviyeleri (%0, 2, 4, 6) dikkate alınarak, kara asker sineği larva yağının (BSFO) gaz kinetiği, rumen özellikleri, parçalanabilirlik ve metan üretimi üzerindeki etkisini değerlendirdi. Özetle, 40:60 R:C oranına sahip %4 BSFO, metan emisyonlarını azaltmış ve kuru maddenin parçalanabilirliğini korumuş olup, bu da onu umut vadeden bir yem katkı maddesi kombinasyonu haline getirmiştir.

Sagala ve ark., 2024) ipekböceği pupası kitosanının rumen fermantasyonu, metanogenez ve mikrobiyal büyüme üzerindeki etkisini ticari karides kabuğu kitosanı

ile karşılaştırarak incelemiştir. Kitosan eklenmesi kuru madde sindirilebilirliğini azaltmış ancak organik madde sindirilebilirliğini veya pH'yı etkilememiştir. Çalışma, özellikle Japon ve Çin F1 melez suşlarından elde edilen ipek böceği kitosanının, ticari kitosana kıyasla metan oluşumunu engellemede daha etkili olduğu, kalite ve etkilerin kitosan kökenine göre değiştiği sonucuna vardı.

Mulianda ve ark. (2020) kara asker sineği larvaları (BSFL) içeren toplam karışık rasyon (TMR) silajının besin değerini belirlemek için sadece silolanmış TMR (R1), %20 bozulmamış BSFL içeren TMR (R2), kimyasal olarak yağı alınmış BSFL (R3) ve mekanik olarak yağı alınmış BSFL (R4) gruplar oluşturulmuştur. Silolama 30 gün boyunca laboratuvar ölçekli silolarda gerçekleştirildi. Çalışmanın bulgularına göre ; R2, R3 ve R4'ün hem silolamadan önce hem de sonra R1'den daha yüksek ham protein içeriğine sahip olduğunu gösterdi. Ham yağ R3 ve R4'te R2'ye kıyasla daha düşük bulunmuştur. Ruminal amonyak konsantrasyonu R2'de en düşük, R3'te en yüksek olmuştur. In vitro organik madde sindirilebilirliği R1, R3 ve R4'te R2'den daha yüksek bulunmuştur. Toplam gaz üretimi R3'te en yüksek ve metan üretiminden etkilenmedi. Sonuç olarak, yağı alınmış BSFL besin değerini olumsuz etkilemeden TMR silajına dahil edilebilir.

Yapılan literatür incelemelerinin ışığında, ruminant beslenmesinde kullanılan geleneksel yem maddelerinin maliyetlerinin artması ve teminindeki zorluklar, sürdürülebilir ve ekonomik alternatiflerin araştırılmasını zorunlu hale getirmiştir. Geleneksel yem kaynakları, yoğun tarım uygulamaları gerektirir ve çevresel sorunlara yol açabilir. Bu nedenle, alternatif protein kaynakları, özellikle böcek bazlı olanlar dikkat çekmektedir. Ancak, bu tür yenilikçi yem maddelerinin ruminantların sindirim sistemi üzerindeki etkileri ve çevresel sürdürülebilirlik açısından faydaları hakkında yeterli bilimsel veri bulunmamaktadır. Bal arısının ruminant beslenmesinde kullanılabilirliğini belirlemek için, in-vitro sindirilebilirlik ve gaz üretimi testleri gibi laboratuvar ortamında yapılan deneylerin sonuçlarına ihtiyaç vardır.

Araştırmanın temel hedefi, bal arısının ruminantların sindirim verimliliği üzerindeki etkilerini laboratuvar ortamında yapılan in-vitro sindirilebilirlik testleri ile belirlemektir. Bu testler, bal arısının besin maddelerinin ne ölçüde sindirildiğini ve

sindirim süreçlerinde üretilen gazların, özellikle metan gazının miktarını ölçmeyi amaçlamaktadır.

Araştırmanın bir diğer amacı, bal arısının ruminant beslenmesinde kullanılması durumunda çevresel sürdürülebilirlik açısından sunabileceği faydaları ortaya koymaktır. Metan üretimi, ruminantların sindirim süreçlerinde doğal olarak üretilen bir sera gazıdır ve bu gazın azaltılması, çevresel sürdürülebilirlik açısından büyük önem taşır. Bu bağlamda, bal arısının metan üretimini azaltma potansiyeli de araştırmanın önemli bir odak noktasıdır. Bal arısının içerdiği biyolojik aktif bileşenlerin, ruminantların sindirim sistemindeki mikrobiyal faaliyetleri nasıl etkilediği ve bu etkinin sindirilebilirlik ve gaz üretimi üzerindeki yansımaları detaylı olarak incelenecektir.

Bu araştırma, bal arısının ruminant beslenmesinde alternatif bir yem maddesi olarak değerlendirilebilmesi için gerekli bilimsel verileri sağlamayı amaçlamaktadır. Araştırmanın sonuçları, bal arısının beslenme verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik açısından potansiyel faydalarını ortaya koyarak, bu yenilikçi protein kaynağının hayvan beslenmesinde daha yaygın bir şekilde kullanılmasına yönelik önemli bilgiler sunacaktır.

BÖLÜM 2

MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1. Arı materyali

Bal arıları (*Apis mellifera*) Kayseri ili Yahyalı ilçesi Burhaniye köyünde bal arısı yetiştiriciliği yapan bir çiftçiden "karniyol" ırkı arıların kışın dondurucu soğuklar nedeniyle ölmeleri sonucu ölü arılar kovanlarından alınmıştır. Arılar bal mumu, propolis gibi arı ürünlerinden ayıklanmıştır. Ölü arılar liyofilizatörde (Teknosem, TRS 2/4) -60°C'de 1.0 ×10-3 mbar vakum ayarlanmış olup liyofilizatörde yaklaşık 96 saat kurutulmuştur. Arılar daha sonra kimyasal analizlere tabi tutuldu ve elde edilen veriler Tablo 2.1. ve Tablo 2.2.'de sunulmuştur.

Tablo 2.1. Arıların kimyasal analizlerle laboratuvarda belirlenmiş besin madde içerikleri

Besin maddesi	Miktarı, %
Kuru madde	14,01±0,58
Ham protein	66,41±2,21
Ham kül	6,88±0,07
Ham yağ	9,03±0,01
NDF	33,04±0,65
ADF	18,84±0,85
KM sindirilebilirliği	34,48±2,31

Tablo 2.2. Arıların kimyasal analizlerle laboratuvarda belirlenmiş mineral madde içerikleri, mg/kg

Mineral adı	Miktarı, mg/kg
Alüminyum (Al)	3,43
Bor (B)	66,53
Kalsiyum (Ca)	568,11
Bakır (Cu)	5,43
Demir (Fe)	19,35
Potasyum (K)	5934,71
Magnezyum (Mg)	689,63
Mangan (Mn)	27,93
Sodyum (Na)	5509,99
Fosfor (P)	9202,07
Kükürt (S)	1418,81
Çinko (Zn)	20,82

2.1.2. Süt ineği rasyonu

Araştırmada kullanılan süt ineği rasyonu bölgede faaliyet gösteren ticari bir işletmeden içeriği belli olan Toplam Rasyon Karışımı (TMR)'ından 5 kg alınmış ve laboratuvarda doğrudan -20°C' de dondurucuda muhafaza edilmiştir. Kullanılan TMR rasyonu kaba yem olarak mısır silajı ve yonca ve kesif yem olarak konsantre karışım yem, dane mısır, soya fasulyesi küspesi, by-pass yağ, vitamin ve mineral karışımları, soda ve toksin bağlayısından oluştulmuştur. Süt ineği TMR karışımına ait hesaplanan değerleri Tablo 2.2.'de ve analizle belirlenen besin madde değerleri Tablo 2.3.'te verilmiştir.

Tablo 2.2. Süt ineği TMR karışımına ait hesaplanan ve analizle berlilenen değerler

Yem cinsi	Kg
Mısır silajı	22,50
Konsantre yem	7,40
Dane mısır	3,75
Yonca	3,00
Soya fasülyesi küspesi	2,00
By-pass yağ	0,90
Soda	0,45
Optigen*	0,12
Lysigem**	0,05
Toksin bağlayıcı	0,04
Vit-min premiks	0,02
Hesaplanan besin madde içerikleri	Kuru maddede, %
Kuru madde	52,62
Ham protein	15,66
Ham yağ	2,38
Nişasta	28,81
Ham selüloz	15,83
Ham kül	6,54
ADF	19,24
NDF	31,08
ME kcal/kg	2608
Kaba yem	46,59
Kesif yem	53,42

*****Optigen**:** ruminant hayvanlar için geliştirilen protein yapısında olmayan azot (NPN) kaynağı. ****** Lysigem**:** Enkapsüle edilmiş by-pass lizin.

Tablo 2.3. Süt ineği TMR karışımının kimyasal analizle belirlenen değerleri

Besin maddesi	Oranlar, %
Kuru madde	28,37±0,06[a]
Ham protein	18,77±0,01
Ham yağ	4,12±0,27[b]
Ham kül	8,10±0,06[a]
ADF	20,22±1,76
NDF	33,33±0,21
ME, MJ/kg KM	8,45±0,14
NEL, MJ/kg KM	5,04±0,10
ME, Kcal/kg KM	2020,33±33,20

2.2.Metodlar

Kurutulmuş bal arısı unu ve TMR rasyonuna %1, 2 ve 3 oranında homojen olarak karıştırılmış rasyonlarda kimyasal analizler ve in-vitro gaz üretimi yapılmıştır.

2.2.1. Örneklerin hazırlanması ve analizlerin yapılması

Çalışmada kullanılan ölmüş arılar doğrudan -20 °C dondurucuda saklanmış, çalışma öncesi çıkartılmış sehpa üzerinde serilmiş ve yabancı cisimlerden (bal mumu, propolis vb.) temizlenmiş, kurutulmuş ve laboratuvar tipi bir öğütücü de (Foss, Knifetec) 0,5 mm çapında öğütülmüştür ve analizlere hazır hale getirilmiştir.

Çalışma önceden kurutulup öğütülen rasyon ve arı numunelerinin 3 tekerrürlü olacak şekilde yürütülmesiyle başlatıldı. Gruplar kontrol (rasyona arı eklenmemiş grup), rasyona %1 oranında arı eklenmiş grup, rasyona %2 oranında arı eklenmiş grup ve rasyona %3 oranında arı eklenmiş grup olmak üzere 4 grup olarak yapılmıştır. Mevcut çalışma; muamele gruplarının sindirilebilirlik dereceleri ve farklı inkübasyon süresi aralıkları (tablolarda sadece 24 ssatte ölçülen değerler verilmiştir) ile in vitro gaz tekniği kullanılarak gerçekleştirlmiştir.

Yemlerin ve arı örneklerinin kimyasal analizleri ve in-vitro gaz analizleri Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü Yemler ve Hayvan Besleme laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Tüm analizler 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır.

2.2.1.Kimyasal analizler

Yemler ve arı örneklerinde (kuru madde (KM), ham protein (HP), ham yağ (HY), ham kül (HK), nötral deterjan selüloz (NDF) ve asit deterjan selüloz (ADF) analizleri (AOAC, 1990)'e göre yapılmıştır.

Doncurucudan çıkarılan yem örnekleri laboratuvarda iki saat kadar süreyle çözüldükten sonra kuru madde için örnekler alınmış aynı zamanda diğer analizler için bir kg kadar TMR etüvde kurutulmaya bırakılmıştır.

2.2.1.1. Kuru madde tayini

Arı örenkeleri -65 °C'de liyofilizatörde kurutularak kuru madde değerleri belirlenmiştir.

2.2.1.2. Ham protein (HP) analizi

Dumas Yöntemiyle Velp protein analiz cihazında azot (N) miktarı belirlenmiş ve elde edilen değer 6,25 ile çarpılarak HP oranı hesaplanmıştır.

2.2.1.3. Ham kül (HK) analizi

Yem örnekleri kül fırınında (Protherm, RLF, 120/6) 550°C'de 5 saat yakılıp krozelerde geriye kalan inorganik maddelerden oluşan kül miktarı % olarak hesaplanmıştır. Kül eldesinde işlem sırası şu şekilde yapılmıştır.

-Önceden yakılmış, desikatörde soğutulmuş ve darası alınmış krozeler yem numunesinden 3 gr civarında konularak tartılır.

-Krozeler 550°C 'ye ayarlı yakma fırınına konulur.

-Krozeler bu sıcaklıkta kül açık griden beyaza kadar değişen bir renge ulaşasıya kadar (bu süre yemlerin yapısına, içeriğine göre değişir yaklaşık 3-4 saat kadardır) yakma fırınında tutulur.

-Yakma sonunda fırının elektiriği kesilerek soğumaya bırakılır.

-Yaklaşık 100°C ‘ye kadar soğutulduktan sonra krozeler maşa yardımıyla doğrudan desikatöre alınır.

-Desikatörde yeterince soğutulduktan sonra tartılır.

Hesaplama:

Kroze darası+kül-kroze darası/Kroze darası+numune miktarı x 100

%Organik Madde=%Kuru madde -%ham kül

2.2.1.4. Asit deterjan selüloz (ADF) analizi

Analiz hatalarını minimuma indirmek için örnekler hassas terazide titizlikle tartılmıştır. Asit deterjan selüloz (ADF) ve nötral deterjan selüloz (NDF) analizi için örnekler cihazın filtre keseciklerine tartılılarak konulmuş ve filtre kesecikleri ve örnek ağırlıkları ayrı ayrı kaydedilmiştir. Kimyasal muamele işlemi için, ADF ve NDF solüsyonları ile çözeltileri hazırlanmış ve manyetik karıştırıcı ile iyice dağılması ve homojenize edilmesi sağlanmıştır. Bu çözeltiler, örneklerin lif fraksiyonlarını ayırmak için kullanılmıştır.

Ankom F57 torbaya 1’er gram örnek koyulup mühürleme işleminin ardından cihaz tepsilerine yerleştirildi. İlgili solüsyonlar eklendikten sonra ANKOM A2000 Fiber Analizörü çalıştırıldı. Analiz sonunda asetonla muamele edilen bagler 20-30 dk kurutulduktan sonta etüve koyulup 105 °C’de 2.5 saat sonra ağırlıkları tartılıp kaydedildi.

2.2.1.5. Nötral deterjan selüloz (NDF) analizi

Baglere 1’er gram örnek koyulup mühürleme işleminin ardından raklara yerleştirildi.İlgili solüsyonlar eklendikten sonra ANKOM A2000 Fiber Analizörü çalıştırıldı. Analiz sonunda asetonla muamele edilen bagler 20-30 dk kurutulduktan sonta etüve koyulup 105 °C’de 2.5 saat sonra ağırlıkları tartılıp kaydedildi.

2.2.1.6. Mineral analizleri

Muamele grupları Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak ve Bitki Besleme Bölümü Laboratuvarında nitrik asithidrojen/peroksit (2:3) asit ile üç basamakta yakılarak belirlenmiştir. İlk basamakta, gruplar 145 ºC'de %75 mikrodalga gücünde 5 dakika süre ile yakılacak, ikinci basamakta 180 ºC'de %90 mikrodalga gücünde 10 dakika süreyle, ve üçüncü basamakta ise 100 ºC'de %40 mikrodalga gücünde 10 dakika süreyle yakılmaları sağlanacaktır. Bu işlem, 40 bar basıncına dayanabilen bir mikrodalga yaş yakma ünitesi olan speedwave MWS-2 (Berghof productts + Instruments, Harresstr.1. 72800 Enien Gernmany) kullanılarak gerçekleştirilecektir (Mertens, 2005a). Ardından, örneklerin içerikleri, ICPOES (Inductively Couple Plasma spectrophotometer) cihazı (Perkin-Elmer, Optima 2100 DV, ICP/OES, Shelton, CT 06484-4794, USA) kullanılarak okunarak belirlenmiştir (Mertens, 2005b).

2.2.1.7. Aminoasit tayini

Aminoasitlerin tayininde HPLC (yüksek performanslı sıvı kromatoğrafisi) ile yapılmıştır. Aminoasitleri etkin olarak belirleyebilmek için öncelikle onları HPLC detektörünün görebileceği kimyasal haline getirmek gerekir, bunun içinde genellikle UV detektöründe görülebilmesi için türevlendirmeye ihtiyaç duyulur. Phenyl isothiocyanate (PİTC) primer ve sekonder aminoasitlerle reaksiyona girerek türevlenir ve UV dedektöründe 254 nm dalga boyunda görülebilir kromotogram olarak okunarak tespit edilir ve standartlarla karşılaştırılarak pikler tanımlanır. Aminoasitleri HPLC kullanarak analiz etmede UV'den başka florasan dedektörde kullanılır. Florasan dedektör UV dedektöre göre daha hassas ve düşük konsantrasyonlu örneklere duyarlılığı daha fazladır. Bu yöntemin en zayıf tarafı fluorometrik metoda göre daha düşük duyarlılığa sahip olmasıdır.

Kullanılan reaktifler;

Aminoasit standartları

Türevlendirme reaktifi

PİTC (Phenyl isothiocyanate) HPLC – grade acetonitrile tamponu

Sodyum asetat trihidrat, Sodyum fosfat ve hidroklorik asit

TEA (Triethylamine) · KH2PO4 ve K2HPO4

2.2.1.8. Kuru madde sindirilebilirliği

Kuru madde sindirilebilirliğinin belirlenmesi için 3 paralel olarak 500 mg numune şırıngalara tartılarak alınmıştır ve 40 ml rumen sıvısı/tampon karışımıyla beraber 39°C'de su banyosunda 24 saatlik inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda ise, her bir şırıngada kalan substrat, vakum altında gooch krozeden süzülmüştür. Artan kalıntı ise bir gece 105 °C'deki etüv içinde kurutulmuştur. Kurutma işleminden sonra ağırlıkta meydana gelen kayıp, sindirilemeyen KM oranını ortaya koymuştur. 24 saatlik inkübasyonda; substratın kuru madde içeriği ile sindirilemeyen kuru madde arasındaki fark şeklinde hesap edilmiştir. (Jiménez-Peralta vd., 2011).

2.2.1.9. *İn vitro* gaz üretiminin belirlenmesi

İn vitro gaz üretiminin belirlenemsinde Almanya'da Hohenheim Üniversitesi'nde geliştirilen ve Hohenheimer Futterwert Test (HFT) ya da Hohenheim Yem Testi adı verilen yöntem kullanılmıştır (DLG, 1981). Bu yöntemin temeli yemlerin rumen sıvısı ile inkübatörde 24 saatlik inkübasyonu sonucu meydana gelen gaz (CO_2 ve CH_4) üretiminin ölçülmesine dayanır. Elde edilen sonuçlar organik maddelerin sindirilebilirliği ve yem maddelerinin net enerji laktasyon (NEL) içeriğinin hesaplanmasında kullanılır.

Bitki yan ürünlerinin gaz üretim miktarları belirlendikten sonra aşağıdaki verilen eşitlikler kullanılarak OMSD(%), ME (MJ/kg) ve NEL(MJ/kg) değerleri (Menke and Steingass, 1988) tarafından bildirilen ve aşağıda gösterilen eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır.

ME (MJ/kg KM) = 0.157×GÜ+0.0084×HP+0.022×HY −0.0081×HK+1.06

NEL(MJ/kg KM) = 0.115×GÜ+0.0054×HP+0.014×HY −0.0054×HK−0.36

OMS (% KM) = 0.9991×GÜ+0.0595×HP+0.0181×HK+9.00



Şekil 2.1. ANKOM A2000 Fiber analizörü

Tez çalışmasında, yem maddelerinin lif içeriğinin analiz edilmesi amacıyla ANKOM A2000 Fiber Analizörü kullanılacaktır. ANKOM A2000, yemlerin ham lif (Crude Fiber), asit deterjan lif (ADF) ve nötr deterjan lif (NDF) içeriklerini belirlemek için tasarlanmış yüksek hassasiyetli bir laboratuvar cihazıdır. Bu cihaz, yem maddelerinin lif fraksiyonlarını ayırmak ve miktarlarını ölçmek için standart yöntemler kullanarak güvenilir ve tekrarlanabilir sonuçlar elde edilmesini sağlar.

Analiz işlemleri, belirli kimyasal çözeltiler kullanılarak örneklerin muamele edilmesini ve sonrasında filtrasyon ve kurutma süreçlerinden geçirilmesini içerir. Bu işlemler sonucunda, yem maddelerinin lif içeriği belirlenir ve elde edilen veriler, ruminant beslenmesi ve yem formülasyonu çalışmaları için kritik bilgiler sağlar. ANKOM A2000 Fiber Analizörü, yemlerin besin değerinin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanır ve ruminantların sindirim sisteminde bu besin maddelerinin nasıl işlendiğini anlamamıza yardımcı olur.

Örnek Hazırlama: Yem maddeleri, homojenize edilerek analiz için uygun hale getirilir.

Kimyasal Muamele: Örnekler, belirli kimyasal çözeltilerle (ADF ve NDF çözeltileri) muamele edilir.

Filtrasyon ve Kurutma: Kimyasal muameleye tabi tutulan örnekler, filtrasyon ve kurutma işlemleri ile analiz için hazır hale getirilir.

Lif Analizi: ANKOM A2000 Fiber Analizörü kullanılarak, örneklerin ham lif, ADF ve NDF içerikleri belirlenir.

Veri Analizi: Elde edilen veriler, ruminant beslenmesinde kullanılan yem maddelerinin besin değerini değerlendirmek ve formülasyon çalışmalarında kullanmak üzere analiz edilir.

Bu yöntemler, bal arısı (*Apis mellifera*) ile yapılan in-vitro sindirilebilirlik ve gaz üretimi çalışmalarının yanı sıra, farklı yem maddelerinin ruminant beslenmesinde kullanılabilirliğini değerlendirmek amacıyla kullanılacaktır. ANKOM A2000 Fiber Analizörü, sağladığı yüksek doğruluk ve tekrarlanabilirlik ile araştırmamızın bilimsel güvenilirliğini artırmakta ve sonuçlarımızın karşılaştırılabilir ve tutarlı olmasını temin etmektedir. Bu cihazın kullanımı, yem analizlerinin standartlara uygun olarak gerçekleştirilmesini sağlayarak, elde edilen verilerin bilimsel geçerliliğini desteklemektedir.



Şekil 2.2. Bal arısı örneklerinin yabancı maddelerden ayıklama işlemi

Bu resim, bal arısı *(Apis mellifera*) örneklerinin laboratuvar analizleri için ön işleme tabi tutulduğu ve hazırlandığı aşamayı göstermektedir. Sol tarafta, kaba haldeki bal arısı örnekleri, sağ tarafta ise homojenize edilmiş ve ince hale getirilmiş örnekler bulunmaktadır. Yabancı cisimlerden ayıklanmış ve temizlenmiştir. Örnekler, analizlerin doğru ve güvenilir sonuçlar vermesi için dikkatlice hazırlanmıştır. Bu aşama, örneklerin kimyasal muamele, filtrasyon ve kurutma işlemleri öncesinde gerçekleştirilmiş olup, bal arısı rasyonlarının in-vitro sindirilebilirlik ve gaz üretimi üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Örneklerin bu şekilde hazırlanması, analizlerin doğruluğunu ve tekrarlanabilirliğini sağlamak için kritik öneme sahiptir.



Şekil 2.3. Bal arısı örneklerinin baglere koyulması

Şekil 2.3.3'de bal arısı (*Apis mellifera*) örneklerinin analiz öncesi filtre poşetlerine yerleştirilmesi sürecini göstermektedir. Bu süreç, örneklerin hassas bir şekilde tartılmasının ardından, F57 filtre poşetlerine dikkatlice yerleştirilmesi ile devam etmektedir. Filtre poşetleri, analiz sırasında örneklerin kimyasal çözeltilerle etkileşime girmesini ve filtrasyon işlemlerini kolaylaştırmak için kullanılmaktadır. Her bir poşet, önceden belirlenmiş ve tartılmış örnek miktarını içermekte olup, analizlerin doğruluğunu ve tekrarlanabilirliğini sağlamak amacıyla titizlikle etiketlenmiştir. Bu işlem, ANKOM A2000 Fiber Analizörü ile gerçekleştirilecek olan lif analizi için kritik bir hazırlık aşamasıdır ve örneklerin kimyasal muameleye tabi tutulup, filtrasyon ve

kurutma işlemlerine hazır hale getirilmesini sağlamaktadır. Bu yöntem, bal arısı rasyonlarının in-vitro sindirilebilirlik ve gaz üretimi üzerindeki etkilerini ayrıntılı bir şekilde değerlendirmemizi mümkün kılmaktadır.



Şekil 2.4. Bal arısı örneklerinin öğütülmesi

Bu resim, bal arısı (*Apis mellifera*) örneklerinin homojenize edilme sürecini göstermektedir. Örnekler, FOSS Knifetec 1095 Homojenizatörü kullanılarak öğütülmekte ve analiz için uygun hale getirilmektedir. Bu işlem, bal arısı örneklerinin partikül boyutunu küçültmek ve homojen bir karışım elde etmek için kritik bir adımdır. Öğütülen örnekler, HY, HP, HK, HS, ADF, NDF, yağ asitleri tayini, mineral analizi, aminoasit tayini, in-vitro sindirilebilirlik ve gaz üretimi gibi çeşitli laboratuvar testlerinde kullanılacaktır. Bu aşama, örneklerin kimyasal çözeltilerle etkileşime girmesini ve analiz sonuçlarının doğruluğunu sağlamak için önemlidir. Öğütme işlemi, örneklerin yüzey alanını artırarak reaksiyon hızını ve etkinliğini optimize eder. Bu yöntem, muamele gruplarının sindirilebilirlik ve besin değeri üzerinde ayrıntılı bir değerlendirme yapılmasını mümkün kılar.



Şekil 2.5. Öğütülmüş bal arısı örneklerinin saklanması

Şekil 2.3.5'de bal arısı (*Apis mellifera*) örneklerinin homojenize edilip plastik torbalara yerleştirilmiş halini göstermektedir. Homojenize edilen örnekler, analizlerin doğruluğunu sağlamak amacıyla plastik torbalarda saklanmaktadır. Her torba, belirli miktarda öğütülmüş ve homojenize edilmiş bal arısı içermektedir. Bu örnekler, in-vitro sindirilebilirlik ve gaz üretimi analizlerinde kullanılmak üzere hazırlanmıştır. Torbaların her biri, laboratuvar defterinde kaydedilmiş ve etiketlenmiştir, böylece analiz sırasında hangi örneğin kullanıldığı kolayca takip edilebilmektedir. Bu saklama yöntemi, örneklerin nem ve diğer çevresel faktörlerden korunmasını sağlayarak analiz sonuçlarının güvenilirliğini artırmaktadır. Homojenize edilen örneklerin bu şekilde muhafaza edilmesi, muamele gruplarının besin değeri ve sindirilebilirliği üzerinde yapılacak kapsamlı değerlendirmelere olanak tanır.



Şekil 2.6. ADF analizine tabi tutulmuş numuneler

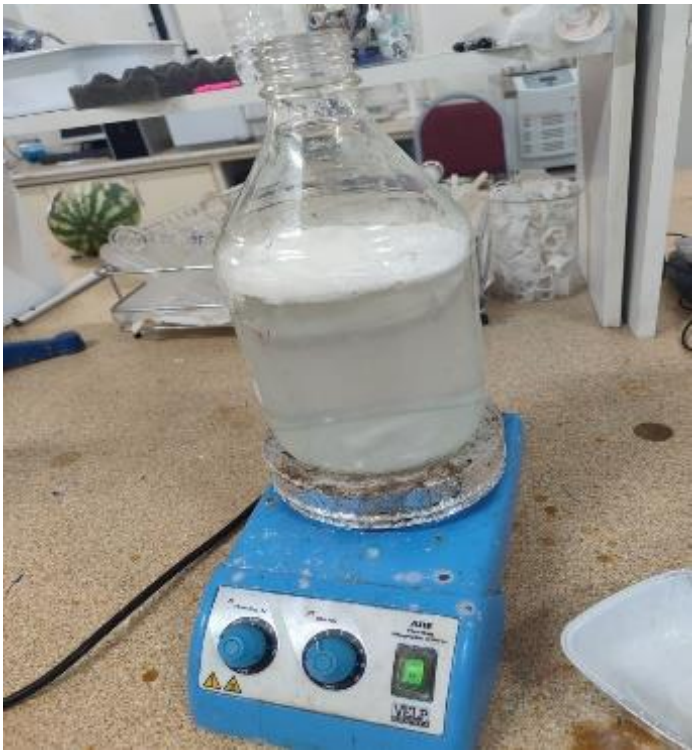
Şekil 2.3.6'da muamele gruplarının kimyasal işleme tabi tutulduktan sonra kurutulmuş ve etiketlenmiş halini göstermektedir. Kurutma işleminin ardında etüve koyulan numuneler tamamen kuruduktan sonra tekrar tartılır ve tartım sonuçları kaydedilir.

Her bir filtre poşeti, belirli kimyasal çözeltilerle muamele edilmiş ve ardından kurutulmuş örnekler içermektedir. Poşetlerin üzerinde, örnek numaraları ve işlem detayları yazılıdır. Bu aşama, örneklerin in-vitro sindirilebilirlik ve gaz üretimi analizleri öncesinde gerçekleştirilen kritik bir adımdır. Kimyasal işlemler, örneklerin lif fraksiyonlarını ayrıştırmak ve besin değerlerini belirlemek için uygulanmıştır. Kurutulmuş örnekler, analiz sonuçlarının doğruluğunu ve tekrarlanabilirliğini sağlamak amacıyla dikkatlice etiketlenmiş ve kaydedilmiştir. Bu işlem, bal arısı rasyonlarının besin değeri ve sindirilebilirliği üzerinde yapılacak kapsamlı değerlendirmelere olanak tanır.



Şekil 2.7. Hassas terazi ile örneklerin tartılması

Şekil 2.3.7'de muamele gruplarının OHAUS hassas terazi kullanılarak titizlikle tartıldığı aşamayı göstermektedir. Hassas tartım işlemi, örneklerin doğru miktarlarda analiz edilmesini sağlamak için kritik bir adımdır. Terazi üzerinde bulunan filtre poşeti, tartılan örneklerin kimyasal analizlere hazır hale getirilmesi için kullanılır. Filtre poşetleri, ANKOM A2000 Fiber Analizörü gibi cihazlarla yapılacak analizlerde kullanılmak üzere özel olarak tasarlanmıştır. Bu aşama, bal arısı rasyonlarının in-vitro sindirilebilirlik ve gaz üretimi analizlerinde kullanılmak üzere örneklerin doğru miktarlarda alınmasını ve analiz sonuçlarının güvenilirliğini sağlar. Tartım işlemi sırasında her bir örnek dikkatlice etiketlenir ve kaydedilir, böylece analiz sürecinde izlenebilirlik ve doğruluk sağlanır. Bu yöntem, bal arısı örneklerinin besin değeri ve sindirilebilirlik analizlerinde güvenilir veriler elde edilmesine katkıda bulunur.



Şekil 2.8. Kimyasal Çözeltinin Hazırlanması

Şekil 2.3.8’ de laboratuvarda muamele gruplarının kimyasal muameleye tabi tutulması için hazırlanan çözeltiyi göstermektedir. Büyük bir cam şişe içerisinde, belirli kimyasal maddeler çözülerek homojen bir karışım elde edilmiştir. Çözelti, manyetik karıştırıcı üzerinde sürekli olarak karıştırılarak homojenliği sağlanmıştır. Manyetik karıştırıcı, çözeltiyi sabit bir sıcaklıkta tutarak kimyasal maddelerin tamamen çözünmesini ve eşit dağılımını garanti eder.

Bu kimyasal çözelti, örneklerin lif fraksiyonlarını ayırmak ve besin içeriklerini belirlemek için kullanılır. Örnekler, bu çözelti ile muamele edilerek, sindirilebilirlik ve gaz üretimi analizlerine tabi tutulur. Çözeltinin doğru şekilde hazırlanması, analizlerin doğruluğu ve tekrarlanabilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Bu süreç, bal arısı rasyonlarının besin değeri ve sindirilebilirliği üzerinde detaylı değerlendirmeler yapılmasına olanak tanır.

2.3. İstatistiki Analizler

Elde edilen veriler; analizlerde her bir örnek 3'er tekerrür ile analiz edilerek bu verilerin ortalamaları yazılmıştır. Grup karşılaştırılması yapıldığından: Windows tabanlı SPSS (Version 19) One Way ANOVA posedürü ile tesadüf parselleri deneme planına göre analiz edilmiştir. Ortalamalar arasındaki farklılıkların belirlenmesi için Duncan testi yapılmıştır. Önemlilik derecesi $P<0,05$ olarak kabul edilmiştir.

BÖLÜM 3

BULGULAR

3.1. Bal arılarının kimyasal analizleri

Bu çalışmada öncelikle bal arılarının (*Apis mellifera*) kuru madde, ham protein, yağ, kül, ADF ve NDF oranları ile mineral ve amino asit kompozisyonları belirlenmiştir. İkinci olarak bal arısı unu ilavesinin rasyonların kimyasal komposizyonları ve *in vitro* gaz üretim, sindirilebilrlik ve enerji değerleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler tablolar halinde aşağıda sunulmuştur.

Bal arıların kimyasal analizle belirlenmiş besin madde içerikleri ve standart hataları Tablo 3.1.'de verilmiştir. ABl arısı ununda KM %14,01±0,58, HP %66,41±2,11, HK %6,88±0,07, HY %9,03±0,01, NDF %33,04±0,65, ADF %18,84±0,85, kuru maddede ME 14,04±0,02 MJ/kg, kuru maddede 3359±0,15 ME, kcal/kg, ve kuru maddede NEL 9,04±0,03 MJ/kg olarak bulunmuştur.

Tablo 3.1. Bal arılarının (*Apis mellifera)* kimyasal analizlerle belirlenmiş besin madde içerikleri

Besin maddesi	Miktarı, %
Kuru madde	14,01±0,58
Ham protein	66,41±2,11
Ham kül	6,88±0,07
Ham yağ	9,03±0,01
NDF	33,04±0,65
ADF	18,84±0,85
ME, MJ/kg, KM	14,04±0,02
ME, kcal/kg KM	3359±0,15
NEL, MJ/kg, KM	9,04±0,03

NDF: nötral deterjan selüloz, ADF: asit deterjan selüloz,

3.2. Bal arılarının mineral kompozisyonları

Araştırmada kullanılan öğütülmüş bal arılarının mineral madde kompozisyonları, (mg/kg) Tablo 3.2'de verilmiştir. Yapılan analizlerde bal arısı unlarında 6'sı makro ve 6'sı mikro mineral olmak üzere toplam 12 adet mineral belirlenmiştir. Makro minerller içerisinde en yüsek oranda P olduğu ve bu minerali K, Na, S, Mg ve Ca'un takip ettiği belirlenmiştir. Mikro mineraller içerisinde en yüksek oranda bor (B, 66,53 mg/kg) tespit edilmiş ve bu minerali sırasıyla Mn, Zn, Fe, Cu ve Al mineralleri izlemiştir.

Tablo 3.2. Bal arılarının laboratuvarda belirlenmiş mineral madde içerikleri, mg/kg

Sıra	Mineral adı	Miktarı, mg/kg
Makro mineraller		
1.	Fosfor (P)	9202,07
2.	Potasyum (K)	5934,71
3.	Sodyum (Na)	5509,99
4.	Kükürt (S)	1418,81
5.	Magnezyum (Mg)	689,63
6.	Kalsiyum (Ca)	568,11
Mikro mineraller		
7.	Bor (B)	66,53
8.	Mangan (Mn)	27,93
9.	Çinko (Zn)	20,82
10.	Demir (Fe)	19,35
11.	Bakır (Cu)	5,43
12.	Alüminyum (Al)	3,43

3.3. Bal arılarının amino asit kompozisyonları

Araştırmada kullanılan öğütülmüş bal arılarının amino asit kompozisyonları, (mg/kg) Tablo 3.3'de verilmiştir. Yapılan analizlerde bal arılarında 10 adet esansiyel ve 10 adet esansiyel olmayan amino asit belirlenmiştir. Esansiyel amino asitler içierisinde en yüksek oranda %7,54 ile triptofan ve en düşük %1,56 ile fenilalanin amino asidi yer almaktadır.

Tablo 3.3. Bal arılarının amino asit kompozisyonları

Sıra no	Amino asit adı	Miktarı, pikomol/mikrolitre	% miktarlar
Esansiyel amino asitler			
1	Arjinin	279,67±4,18	4,87+0,07
2	Histidin	249,67±2,96	3,87+0,05
3	Izolösin	158,67±2,40	2,08+0,03
4	Lösin	235,33±4,67	3,09+0,06
5	Lizin	118,33±3,18	1,73+0,05
6	Metiyonin	201,00±7,81	3,00+0,12
7	Fenilalanin	94,33±1,20	1,56+0,02
8	Treonin	358,33±7,17	6,49+0,13
9	Triptofan	369,00±3,79	7,54+0,08
10	Valin	257,33±8,95	3,01+0,10
Esansiyel olmayan amino asitler			
11	Alanin	240,00±2,31	2,14+0,02
12	Asparajin	356,00±15,95	4,70+0,21
13	Aspartat	260,67±8,69	5,27+0,07
14	Sistein	434,67±5,49	3,47+0,12
15	Glutamat	224,00±4,62	3,92+0,05
16	Glutamin	268,33±3,76	3,79+0,08
17	Glisin	176,67±2,40	1,33+0,02
18	Prolin	263,00±10,44	3,03+0,12
19	Serin	423,00±5,86	4,45+0,06
20	Tirosin	135,67±3,48	2,46+0,06

3.4. Rasyonların kimyasal kompozisyonları

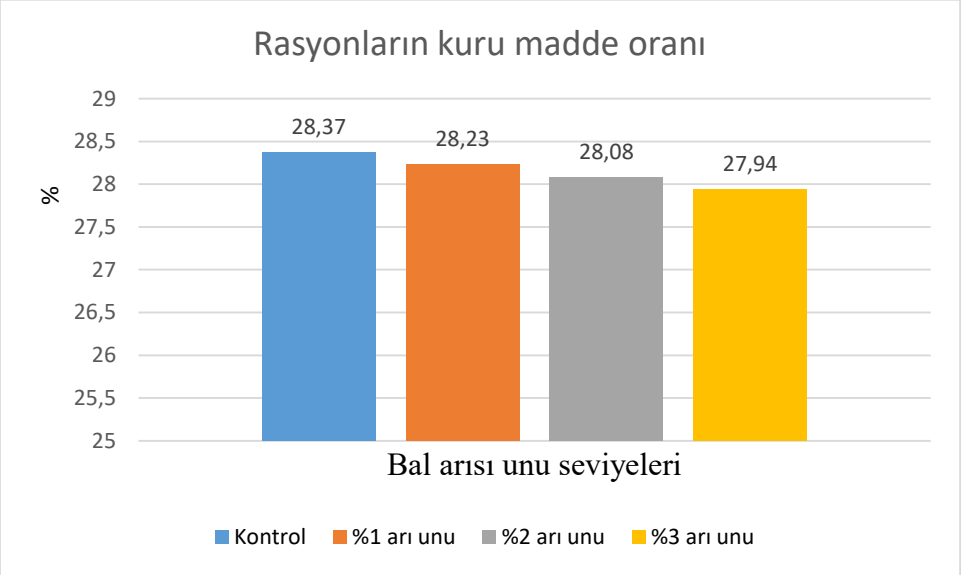
Bu çalışmada süt ineği TMR rasyonlarına % 0, 1, 2 ve 3 oranlarında bal arısı unu ilavesinin rasyonların kimyasal bileşimi ve *in vitro* toplam gaz ve metan üretimi ve *in vitro* kuru madde sindirilebilirliği üzerine etkileri aşağıda bölümler halinde incelenmiştir.

Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin rasyonların kimyasal kompozisyonları üzerine etkileri Tablo 3.4.'de ve besin maddesine göre Grafik 3.1., 3.2., 3.3., 3.4. ve Grafik 3.5.'te verilmiştir. KM oranı en yüksek %28.37 oranla kontrol grubu olurken en düşük %27.94 oranında %3 arı unu ilavesi grup olmuştur. %HP oranlarında ise en yüksek oran %20.20 ile %3 arı unu ilaveli grup olurken en düşük oran %18.77 ile kontrol grubu olmuştur. Rasyonlara %1 bal arısı unu ilavesinde KM oranı kontrol grubu ile önemli derecede farklı bulumazken % 2 ve 3 oranında bal arısı unu ilavesi kontrol grubuna göre KM oranını önemli derecede azaltmıştır ($P<0.01$) ancak %1 ve %2 bal arısı unu ilavesi ile elde edilen değerler arasındaki farklılıklar benzer bulunmuştur. Rasyonlara %2 ve %3 bal arısı unu ilavesi ham protein oranını kontrol grubuna göre önemli derecede artırmıştır ($P<0.05$). Rasyonlara bal arısı ilavesi rasyonlarına ham yağ, ham kül, NDF ve ADF oranlarını istatistiki olarak önemli derecede etkilememiştir ($P>0,05$). Bununla birlikte, gruplar arasındaki farklılıklar önemli olmamakla birlikte HY bakımından en yüksek HY oranı %2 arı unu ilavesi ile ve en düşük %1 bal arısı unu ilavesi ile sağlanmıştır. Ham kül bakımından en yüksek değer kontrol grubunda ve en düşük değer %3 arı unu grubunda bulunmuştur. NDF ve ADF bakımından en yüksek değer %2 oranını ilave edilen grupta ve en düşük değer ise %3 arı unu ilave edilen grupta elde edilmiştir.

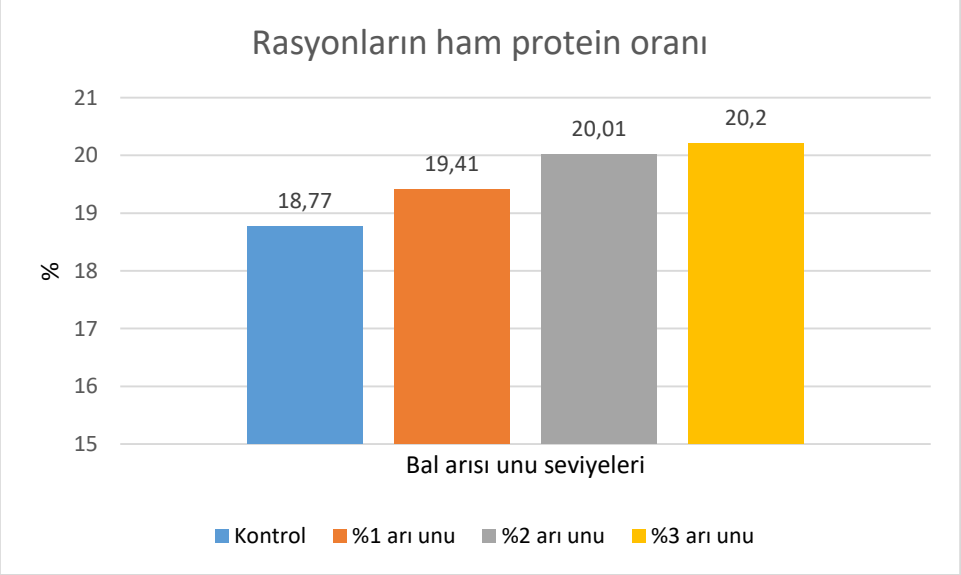
Tablo 3.4. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin yemlerin kimyasal kompozisyonları üzerine etkileri

Gruplar	KM, %	Ham protein, %KM[¥]	Ham yağ, % KM	Ham kül, % KM	NDF, % KM	ADF, % KM
Kontrol	28,37±0,06[a]	18,77±0,15[b]	4,12±0,27	8,10±0,06	33,33±0,21	20,22±1,76
%1 arı unu	28,23±0,05[ab]	19,41±0,42[ab]	3,97±0,02	8,09±0,05	32,98±1,48	20,08±0,01
%2 arı unu	28,08±0,04[bc]	20,01±0,05[a]	4,26±0,00	8,08±0,05	35,78±2,22	20,77±0,38
%3 arı unu	27,94±0,04[c]	20,20±0,28[a]	4,04±0,04	8,06±0,05	32,53±0,31	19,66±0,52
P	0,001**	0,019*	0,143	0,967	0,071	0,855

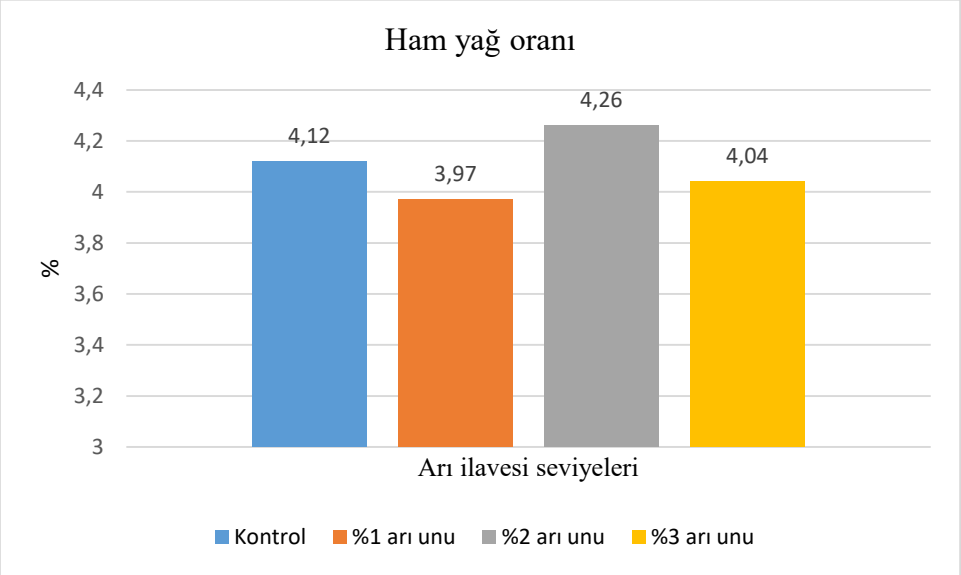
[a,b,c]: Aynı sütünda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. KM: kuru madde, NDF: nötral deterjan selüloz, ADF: asit deterjan selüloz, P: önemlilik derecesi, *: P<0.05, **:P<0.01. [¥:] Ham protein değeri laboratuvarda belirlenen azot (N) miktarının 6,25 katsayısı ile çarpımıyla elde edilmiştir.



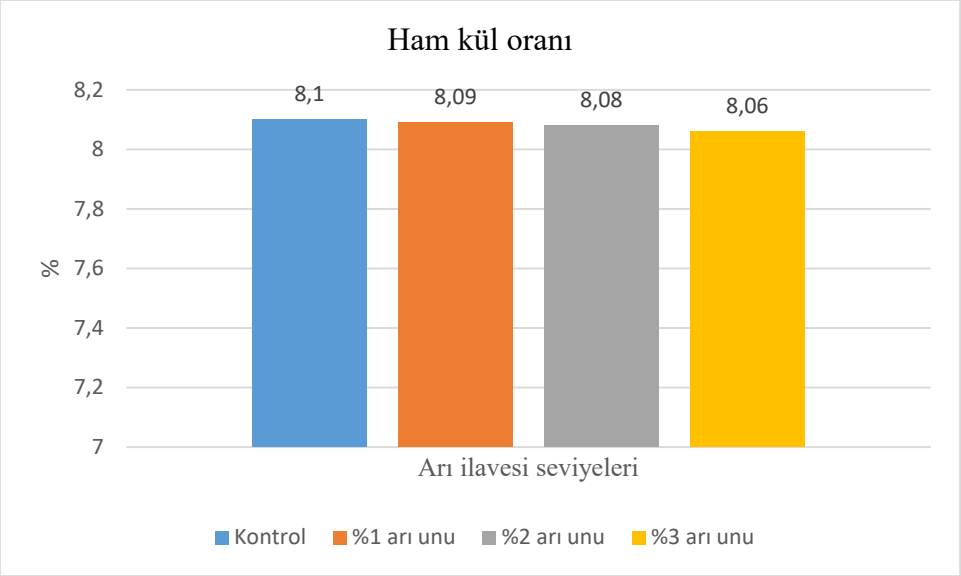
Grafik 3. 1. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin arı ve yemlerin kuru madde oranı üzerine etkileri



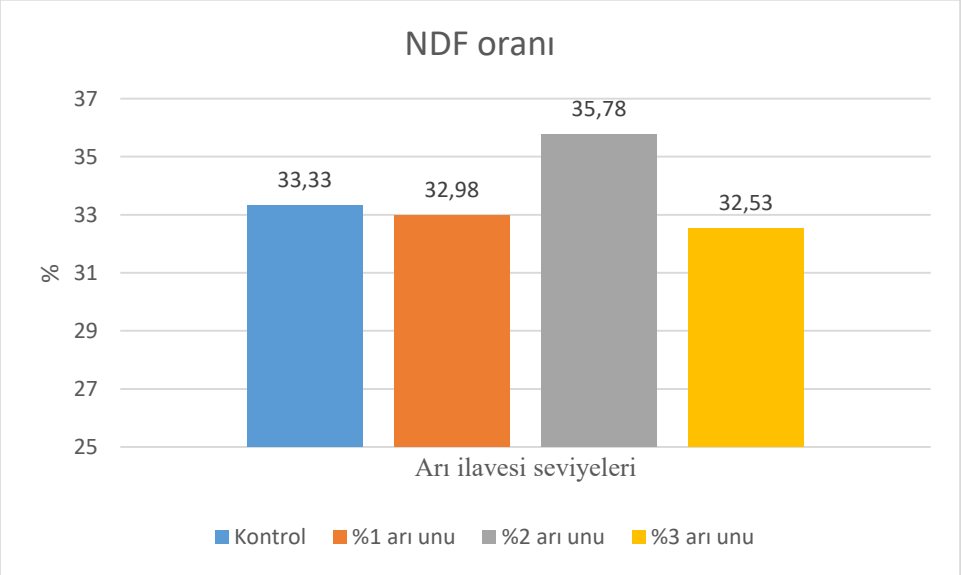
Grafik 3. 2. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin arı ve yemlerin ham protein oranı üzerine etkileri



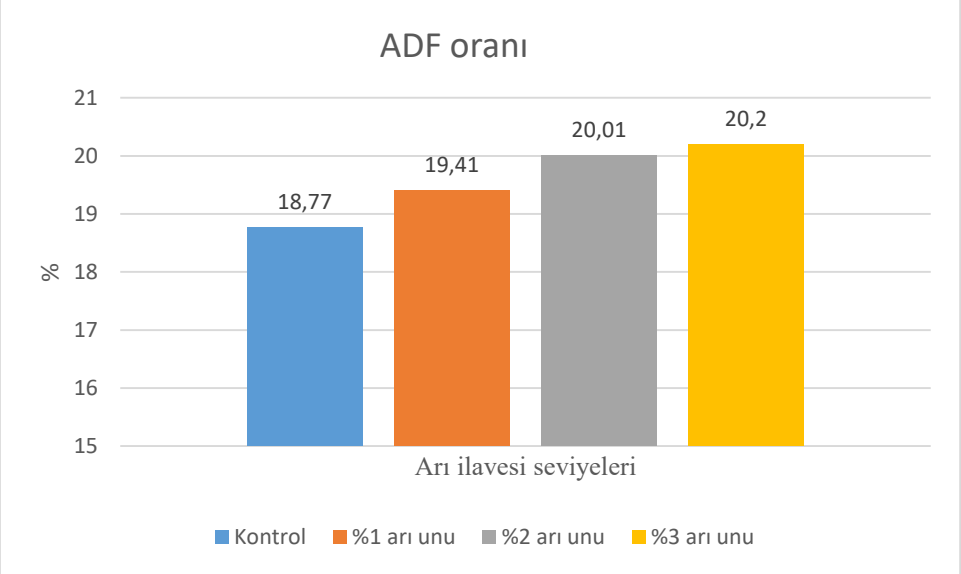
Grafik 3.3. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin rasyonun yağ oranı üzerine etkileri



Grafik 3.4. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin arı ve yemlerin ham kül üzerine etkileri



Grafik 3.5. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin arı ve yemlerin NDF üzerine etkileri



Grafik 3.6. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin arı ve yemlerin ADF oranları üzerine etkileri

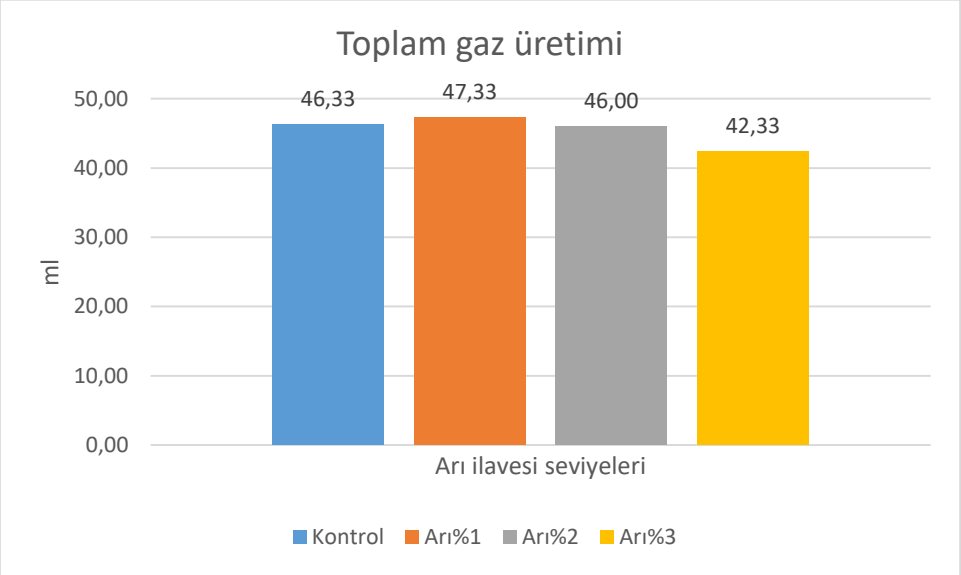
3.5. Rasyonlara bal arısı unu ilavesinin toplam gaz ve metan gazı üretimi üzerine etkileri

Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin *in-vitro* gaz üretimi üzerine etkileri Tablo 3.5.'te ve Grafik 3.6., 3.7. ve 3.8.'te verilmiştir. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin *in-vitro* toplam gaz, metan gazı üretimi ve oranı üzerine etkileri istatistiki olarak önemsiz olmuştur (P>0,05). Toplam gaz üretimi bakımından en yüksek değer %1 oranında bal arısı unu ilave edilen gruptan elde edilirken, en düşük değer %3 oranında bal arısı unu ilave edilen gruptan elde edilmiş ancak gruplar arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı değildir. Metan gazı üretimi bakımından en düşük değer %1 bal arısı unu ilave edilen gruptan elde edilirken, diğer grupların ürettikleri metan gazı miktarları arasındaki farklılıklar çok benzerdir. Metan gazı oranı bakımından en düşük değer %3 oranında bal arısı unu ilave edilen gruptan elde edilirken, en yüksek değer %3 oranında bal arısı unu ilave edilen gruptan elde edilmiştir, ancak gruplar arasındaki farklılıklar anlamlı değildir (P>0,05).

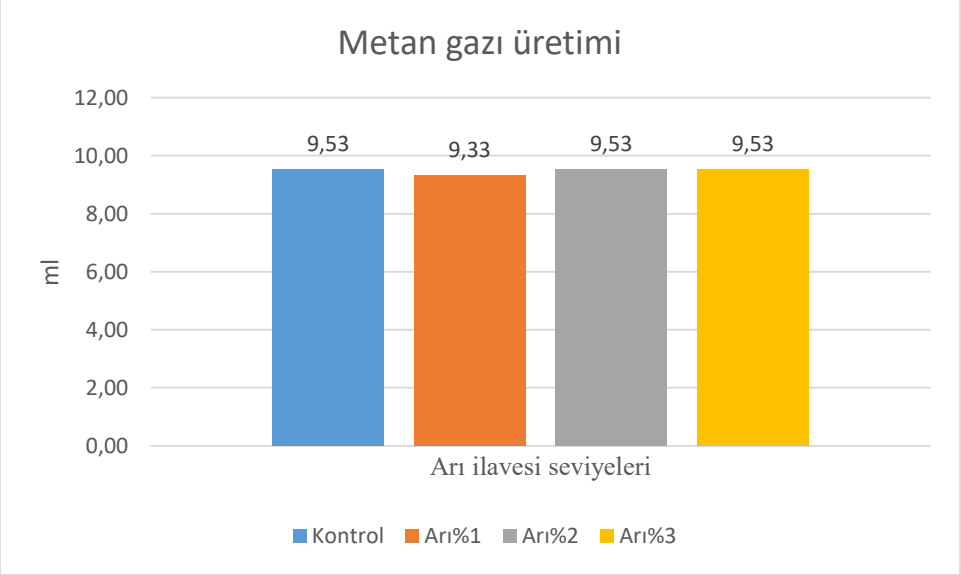
Tablo 3.5. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin *in-vitro* gaz üretimi üzerine etkileri

Gruplar	Toplam gaz üretimi, ml	Metan üretimi, ml	Metan oranı, %
Kontrol	46,33±0,88	9,53±0,17	20,61±0,73
Bal arısı unu %1	47,33±0,67	9,33±0,12	19,72±0,07
Bal arısı unu %2	46,00±1,15	9,53±0,07	20,75±0,55
Bal arısı unu %3	42,33±3,71	9,53±0,28	23,03±2,92
P	0,380	0,816	0,504

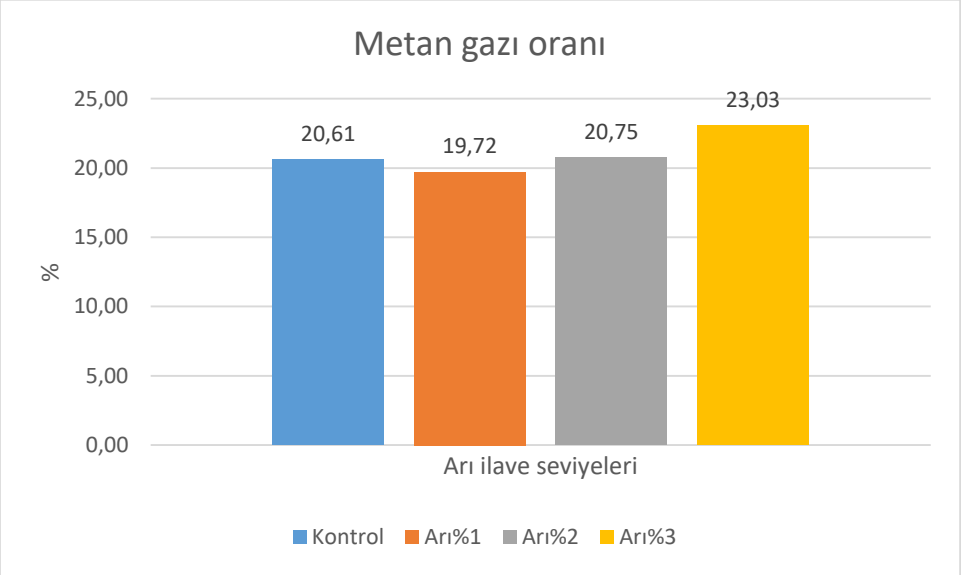
P: önemlilik



Grafik 3.7. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin yemlerin in-vitro gaz üretimi üzerine etkileri



Grafik 3.8. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin yemlerin in-vitro metan gaz üretimi üzerine etkileri



Grafik 3.9. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin metan gaz oranı üzerine etkileri, %

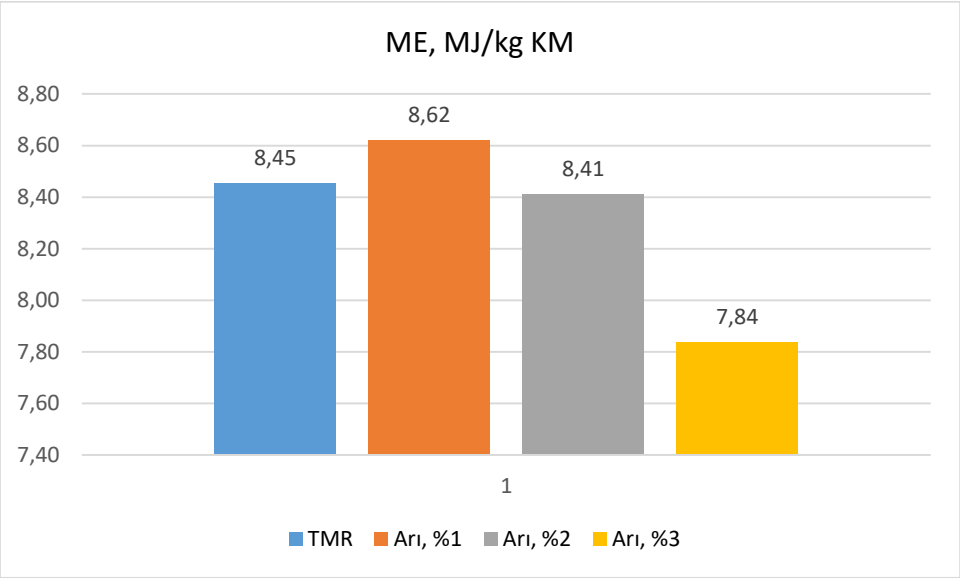
3.6. Rasyonlara bal arısı unu ilavesinin Metabolik (ME) ve net enerji laktasyon (NEL) üzerine etkileri

Süt ineği rasyonlarına bal arısı unu ilavesinin metabolik enerji (ME, Kcal/kg KM ve MJ/kg KM), net enerji laktasyon (NEL, MJ/kg KM) değerleri üzerine etkileri Tablo 3.7. ve Grafik 3.10., 3.11. ve 3.12.'de verilmiştir. Rasyonlara bal arısı unu ilavesi rasyonlarına ME (MJ/kg KM), NEL (MJ/kg KM) ve ME (kcal/kg KM) değerleri üzerine etkileri istatistiki bakımdan önemsiz bulunmuştur (P>0.05). Bununla birlikte rakamsal olarak bu değerlerin en yüksek olduğu grup %1 bal arısı unu ilave edilen grup olurken, en düşük değerler %3 bal arısı unu ilave edilen gruptan elde edilmiştir.

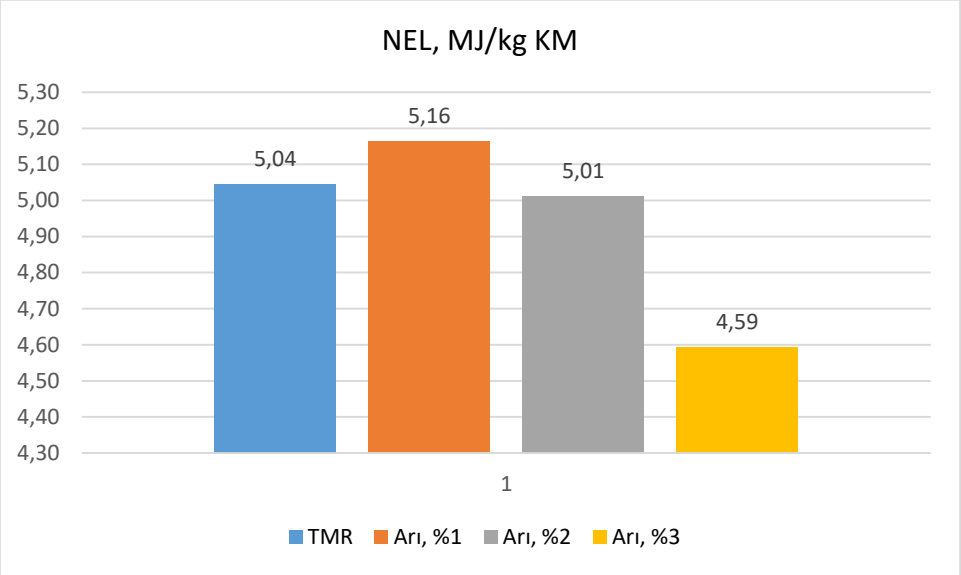
Tablo 3.6. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin metabolik enerji (ME, Kcal/kg KM ve MJ/kg KM), net enerji laktasyon (NEL, MJ/kg KM) değerleri üzerine etkileri

Gruplar	ME, MJ/kg KM	NEL, MJ/kg KM	ME, Kcal/kg KM
Kontrol	8,45±0,14	5,04±0,10	2020,33±33,20
Bal arısı unu %1	8,62±0,11	5,16±0,08	2060,33±24,67
Bal arısı unu %2	8,41±0,18	5,01±0,13	2010,33±43,01
Bal arısı unu %3	7,84±0,59	4,59±0,43	1873,00±139,11
P	0,387	0,390	0,382

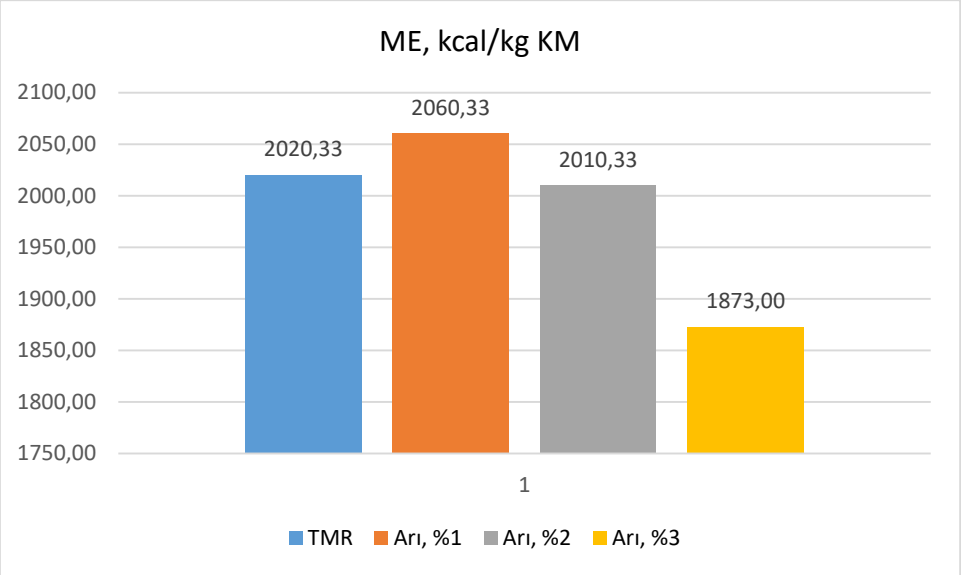
a,b,c: Aynı sütünda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. KM: kuru madde, NDF: nötral deterjan selüloz, ADF: asit deterjan selüloz, P: önemlilik derecesi, **P<0.01.



Grafik 3.10. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin metabolik enerji (ME, MJ/kg KM) üzerine etkileri



Grafik 3.11. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin net enerji laktasyon (NEL, MJ/kg KM) üzerine etkileri



Grafik 3.12. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin metabolik enerji (Kcal/kg KM) üzerine etkileri

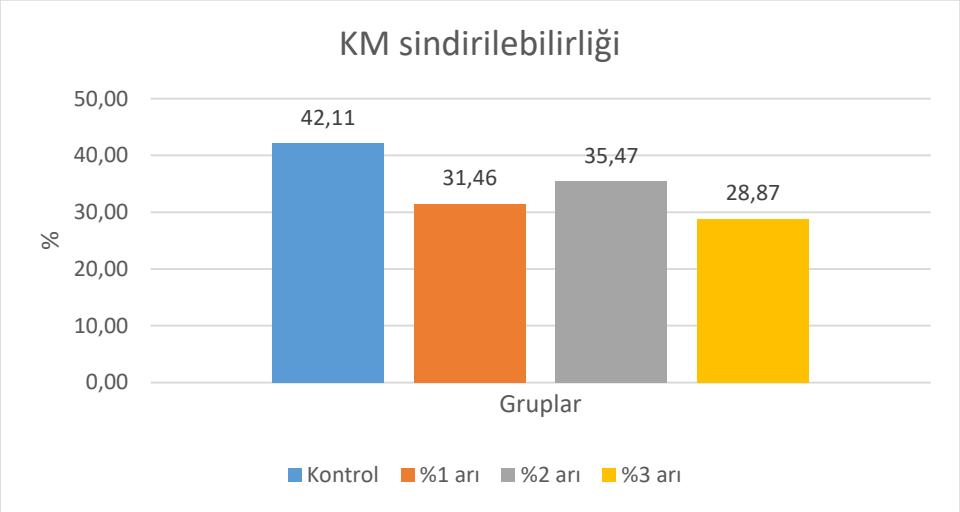
3.7. Rasyonlara bal arısı unu ilavesinin organik madde ve KM sindirilebilirliği üzerine etkileri

Süt ineği rasyonlarına bal arısı unu ilavesinin organik madde (OM) oranı üzerine etkileri Tablo 3.6'te ve Grafik 3.12'de verilmiştir. Organik madde düzeyi kontrol grubunda bal arısı unu ilave edilen gruplardan istatistiki olarak önemli derecede düşük bulunmuştur (P<0,05) ve bal arısı unu ilave edilen gruplar istatsitiki açıdan birbirlerine benzer olmuştur. Gruplar arasında KM sindirilebilirliği açısından istatistiksel bir fark görülmemiştir. Ancak, en yüksek KM sindirilebilirliği kontrol grubunda, ardından %2 bal arısı unu eklenen grupta, en düşük değer ise %3 bal arısı unu eklenen grupta elde edilmiştir (P>0.05)

Tablo 3.7. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin organik madde (OM) oranı üzerine etkileri

Gruplar	OM, %	KM sindirilebilirliği, %
Kontrol	41,59±0,09^{b}	42,11±4,79
Bal arısı unu %1	42,06±0,09^{a}	31,46±2,81
Bal arısı unu %2	42,05±0,09^{a}	35,47±6,23
Bal arısı unu %3	42,05±0,09^{a}	28,87±1,93
P	0,013*	0,198

a,b,c: Aynı sütünda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. OM: organik madde, KM: kuru madde, P: önemlilik, *P<0.05.



Grafik 3.13. Süt ineği rasyonlarına bal arısı ilavesinin KM sindirilebilirlik oranı üzerine etkileri, %

BÖLÜM 4

TARTIŞMA

Artan dünya nüfusuna paralel olarak insanların besin madde ihtiyacı artacak ve bunun karşılığında hayvansal üretim için gerekli olan yem kaynağı ihtiyaçları da artacaktır. Değişen iklim koşulları ve küresel ısınmanın da sonuçları olarak bitkisel üretimdeki dalgalanmalar, azalan su kaynakları, pahalı yem ham maddesi temini ve böceklerin insan ve hayvan gıdası olarak kullanımlarının artması sürdürülebilir tarım ve hayvancılık için alternatif yem kaynaklarına olan gereksinimi kaçınılmaz kılacaktır. Yapılan bu çalışma da, bal arılarının ruminant hayvan beslemede yem potansiyeli olarak değerlendirilebileceğini, arıların besin madde içeriklerinin tespitinin yanında gaz üretim potansiyelleri ve bal arılarının bünyelerinde içerdikleri organik maddelerinin sindirilebilirliği ve yarayışlılıkları belirlenmiştir.

4.1.Bal arısının besin madde içeriklerinin incelenmesi

Bu çalışmada, erişkin bal arılarının kimyasal analizlerinde ortalama % 85,99 KM, % 66,41 ham protein, %6,88 ham kül, %9,03 ham yağ, %33,04 NDF ve %18,84 ADF içerdiği belirlenmiştir. Ghosh ve ark. (2016) erişkin bal arılarında % 34,4 KM, %51,0 ham protein, %6,9 ham yağ ve %11,5 ham kül oranı belirlemişlerdir. Araştırıcılar aynı besin madde içeriklerinin bal arısı larva ve pupalarında önemli değişkenlikler gösterdiğini belirlemişlerdir. Yapılan analizlerde bal arılarının KM düzeyinin bu araştırıcı ile önemli derecede farklı olduğu belirlenmiştir. Ghosh ve ark. (2016) tarafından kimyasal analiz sonuçlarındaki farklılıkların arıların ırk, bölge, besin kaynakları ve arıların taze veya kurutulmuş olmasından kaynaklanabileceğinden düşünülmektedir. Mevcut çalışmada kullanılan arıların vücut bütünlüğünün ve mikrobiyal olarak bozulmasını önlemek için önce laboratuvarda oda şartlarında serilerek kurutulmuş ve sonra öğütülerek buzdolabında saklanmıştır. Bu çalışmaya benzer şekilde ham protein oranlarının % 50 civarında yakın değerler olduğu tespit

edilmiştir (Ghosh ve ark., 2016). Ayrıca yapılan başka bir çalışmada bal kuru bal arısı örneklerinde protein oranının %56,8 ve kitin oranın %11,1 olduğu, kitin ayrıldığında ise protein oranının %64,2 olduğu belirlenmiştir (Ozimek ve ark., 1985). Diğer yandan bazı araştırıcılar arı yavrularında (pupa döneminde) protein oranını 94 g/kg (%9,4) olarak bulmuşlardır (Finke, 2005). Bununla birlikte böceklerin besin madde içerikleri onların hayatın farklı gelişim safhalarında, büyüme şartları, böceklerin toplandığı bölge, büyütme teknoloji, işleme metotları ve böceklerin beslendiği yemlerden önemli derecede etkilendiği bildirilmiştir (Meyer-Rochow ve ark., 2021). Bu bilgilere ek olarak bal arıları ayrıca Vitamin A (12.44 ug/100 g), B2 (riboflavin) (3.24 mg/100g) ve vitamin C (10.25 mg/100 g) bakımından da zengindir ve besleyicidir (Banjo ve ark., 2006). Hocking and Matsumura (1960) erişkin larva ve pupalarda yaş ağırlıklarına göre protein oranlarının sırasıyla %15,4 ve 18,2 olduğunu bildirmişlerdir. Araştırıcılar arılardan elde edilen bu protein değelerlerinin et, süt ve yumurta ile karşılaştırılabileceğii bildirmişlerdir.

Bu çalışmada bal arısı ununun ham protein oranı % 66,41±2,11 bulunmuştur. Ghosh ve ark. (2016) yaptıkları analizlerde ergin arılarda ham protein oranını %51.0 bulurken larva ve pupalarda bu değer sırasıyla %35,3 ve 45,9 olarak bulunmuştur. Böceklerden sağlanan proteinlerin oranı ve kalitesi böceğin büyüme aşaması ve böceğin beslendiği diyet faktörlerinden etkilenmekle birlikte protein ve biyoaktif bileşikler bakımından oranı yüksek ve değerli besin maddeleri içerirler. Bu nedenle, böcekler geviş getiren hayvanlar için önemli olan temel amino asitlerin ve diğer biyoaktif bileşiklerin önemli bir kaynağını sağlarlar (Muslykhah ve ark., 2024).

Mevcut çalışmada bal arısı ununda ham yağ oranı %9,03 olarak belirlenmiştir. Finke, (2005) bal arısı pupalarında yağ oranını %4,7 olarak bulurken, Ghosh ve ark. (2016) larva, pupa ve erişkinlerde yağ oranını sırayla %14,5, 16,0 ve 6,9 olarak belirlemişlerdir. Yapılan bir çalışmada (Ozimek ve ark., 1985) bal arılarında ham yağ oranının %7,5 olduğunu bildirmişlerdir. Finke (2005) bal arısı larvalarının yağ oranının 47 g/kg olduğunu bildirmişlerdir ki bu değer bizim çalışmamızda bulduğumuz değerden oldukça düşüktür, dolayısyla burada arıların gelişim aşamalarının farklılığı besin madde kompozisyonlarının farklılığına neden olmuştur.

Bu çalışmada bal arısı ununda ham kül oranını %6,88 olarak bulunmuştur. Ghosh ve ark. (2016) larva, pupa ve erişkinlerde ham kül oranını sırayla %4,1, 3,8 ve 11,5 olarak bulmuşlardır. Ayrıca Finke (2005) bal arısı larvalarında ham kül oranını 8 g/kg (%0,8) olarak tespit etmiştir. Diğer yandan taze bal arılarının yavrularının kimyasal analizlerinde protein (%16), yağ (%3,7), karbonhidrat (%4,1), lif (%0,7) ve kül (%0,9) açısından zengin olduğu belirlenmiştir (Abd Al-Fattah ve ark., 2009). Başka bir çalışmada (Abd Al-Fattah ve ark., 2012) genel olarak pupaların protein (%43,1), yağ (%18,1), lif (%3,2) ve kül (%4,5) içerdiğini ve bu değerlerin larvalardan daha yüksek (%40,8, %14,7, %2,3 ve %4) olduğunu göstermişlerdir. Araştırıcılar temel amino asitlerin pupalarda (%41,3) ve larvalarda (%36,6) önemli derecede yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada NDF ve ADF oranları sırasıyla %33,04 ve 18,84 olarak bulunmuştur. Finke (2005) bal arısı pupalarında NDF ve ADF oranlarını sırasıyla 2 ve 3 g/k olarak ve toplam karbonhidrat oranını ise 80 g/kg olarak bulmuştur. Ghosh ve ark. (2016) karbonhidrat oranını larva, pupa ve erişkin arılarda sırasıyla %46,1, 34,3 ve %30,6 olarak belirlemişlerdir.

Mevcut çalışmada, bal arısı ununda kalsiyum (Ca) miktarı 568,11, bakır (Cu) 5,43, demir (Fe) 19,35, potasyum (K) 5934,71, magnezyum (Mg) 689,63, sodyum (Na) 5509,99, fosfor (P) 9202,07, mangan (Mn) 27,93 ve çinko (Zn) 20,82 mg/kg olarak bulunmuştur. Gosh ve ark. (2016) larva, pupa ve erişkin arılarda kanatlar hariç tutularak yaptıkları analizlerde kalsiyum miktarı sırasıyla 84,9, 97,0 ve 222,9 mg/kg, magnezyum miktarı sırasıyla 177,0 193,9 ve 201,7 mg/kg sodyum miktarı sırasıyla 59,4, 60,8 ve 75,6 mg/kg, potasyum oranı sırasıyla 1871,9, 2207,3 ve 1585,4 mg/kg, demir miktarı sırasıyla 13,3, 15,3 ve 37,7 mg/kg, çinko miktarı sırasıyla 11,6, 11,7 ve 14,0 mg/kg, bakır miktarı sırasıyla 3,6, 3,7 ve 4,6 mg/kg, manganez miktarı sırasıyla 1,2, 0,7 ve 21,9 mg/kg ve fosfor miktarı sırasıyla 782,5, 900,0 ve 860,1 mg/kg olarak bulmuşlardır. Bu araştırıcıların çalışmasında ergin arılardan elde edilen Ca, Cu, K, Mg, P, Mn ve Zn mineralleri çalışmamızda elde edilen aynı mineral değerlerinden düşük iken Fe oranı ise daha yüksek ve bu mineral değerleri aynı zamanda larva ve pupalardan ede edilen değerlerden de yüksek bulunmuştur. Başka bir çalışmada (Finke, 2005), bal arısı yavrularında yapılan mineral analizlerinde mg/kg düzeyinde

Ca 138, P 1790, Mg 211, Na 128, K 2690, Cl 870, Fe 12,9, Zn 16,0, Mn 0,6, Cu 4,0, Se 0,06 ve iyot mktarı <100 bulunmuştur. Bu araştırıcının mineral değerleri genel olarak mevcut çalışmada bulunan değerlerden düşüktür. Ghosh *ve ark.* (2020) böceklerde yaşın ilerlemesiyle besim addeleri oranlarında artış olabileceği ve minerallerin de artış gösterebileceğini tespit edilmiştir. Erkek arıların mineraller açısından zengin olduğu ve özellikle yüksek demir ve K/Na oranının bu böceklerin besin değerini gösterdiği bulunmuştur.

Mineral maddeler hayvanlarda iskelet sistemi, hormon ve enzimlerin bileşiminde ve hayvansal ürünlerin yapısında bulunmaktadır. Mineral maddelerin eksikliğine bağlı olarak spesifik semptomlar ortaya çıkmaktadır. Pratikte yemlerle mineral ihtiyaçlarının tamamının karşılanması olanaklı değildir. Bu nedenle hayvan beslemede karma yemlerde düzeylerine bakılmakta ve eksik kalan kısımları Ca ve P için kireçtaşı ve dikalsiyum fosfat (DCP) ve monokalsiyum fosfat olarak ve diğer iz mineraller de premiks şeklinde yemlere ilave edilmektedir. Eğer yemlerden ihtiyaçlar karşılanabilirse dışardan katılan mineral miktarları azalmakta ve maliyet düşürülebilmektedir. Aynı zamanda fosfor başta olmak üzere rasyona yüksek miktarda katılan ve dışkıyla atılan mineraller önemli miktarda çevre kirliliğine neden olabilmektedir (Konca and Uzun, 2012).

4.2. Aminoasit içeriklerinin incelenmesi

Bu çalışmada bal arısı ununda esansiyel olan (10) ve olmayan (10) adet aminoasit içerdiği ve aminoasit miktarları pikomol/mikrolitre olarak belirtilmiştir. Esansiyel olan aminoasitler arjinin, histidin, izolosin, lösin, lisin, metiyonin, fenilalanin, tireonin, tiriptofan ve valin miktarları sırasıyla; 279,67±4,18 249,67±2,96, 158,67±2,40, 235,33±4,67, 118,33±3,18, 201,00±7,81, 94,33±1,20, 358,33±7,17, 369,00±3,79 ve 257,33±8,95 pikomol/mikrolitre olarak bulunmuştur. Esansiyel olmayan aminoasitler alanin, aspartik asit, glutamik asit, sistin, sistein, glutamin, glisin, prolin, serin ve tiriosin miktarları sırasıyla; 240,00±2,31, 356,00±15,95, 260,67±8,69, 434,67±5,49, 224,00±4,62, 268,33±3,76, 176,67±2,40, 263,00±10,44, 423,00±5,86 ve 135,67±3,48 pikomol/mikrolitre olarak bulunmuştur. Ghosh *ve ark.* (2020) böceklerde yaşın

ilerlemesiyle amino asit oranlarının artabileceği belirlenmiştir. Araştırıcılar triptofan hariç tüm temel amino asitler dahil olmak üzere toplamda on yedi amino asit olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, genel olarak yüksek besin değerini, yani yüksek amino asitleri, mineralleri ve daha az yağ asitlerini göz önünde bulundurarak, geç pupa ve yetişkin erkek arılar insan tüketimi için yararlı olabilirken larvalar veya erken pupa aşaması yem olarak önerildiği rapor edilmiştir.

Aminoasitlerin zincir halinde birleşmesi sonucu proteinler oluşur. Beslemede yemin en önemli kısımlarından biri proteinlerdir. Protein; yaşama payı, gelişme (büyüme) ve süt üretimi gibi faaliyetlerde hayvanların ihtiyaç duyduğu bir madde olup, sağlıklı bir hayat içinde gereklidir. Proteinler değişik aminoasitlerden üretilir. Aminoasitler; süt üretimi, doku büyümesi ve gebelik esnasında fetüsün büyümesi için gereklidir (Boztepe, 2015). Ruminantlarda, rumendeki bakteriyel sentez nedeniyle esansiyel aminoasitlerin sentezi yapılabilmektedir. Ancak esansiyel aminoasitlerden lizin ve metiyonin süt veriminde çok önemli etkileri bulunmaktadır. Bazı araştırıcılara göre lizin ile süt verimi arasında çok yüksek bir ilgi bulunmaktadır. Süt hayvanlarının özellikle süt ineklerinin beslenmesinde genel de toplam protein ihtiyacı üzerinde durulmaktadır. Tek tek aminoasit ihtiyaçları üzerinde durulmamaktadır. Çünkü rumendeki mevcut mikroorganizmalar yardımıyla sentezlenen mikrobiyal protein yüksek biyolojik değere sahiptir. Geviş getiren hayvanlarda yemlerle tüketilen nitrojenli bileşiklerin %30-50' si mikrobiyal proteine çevrilmektedir. Mikrobiyal proteinin sindirim organlarında değerlendirilmesi suretiyle ihtiyaç olan esansiyel aminoasitler karşılanmaktadır. Süt ineklerinin beslenmesinde esansiyel aminoasit ihtiyacının karşılanmasında; by-pass protein oranı yüksek yemlere önem verilmekte, ya da çeşitli işlemlerle rumen de yem proteinin parçalanma oranlarının düşürülmesi sağlanmaktadır. Isı ve basınç uygulaması, formaldehitle, taninlerle muamele, yağ ilavesi, rumen fermantasyonu düzenleyici, proteinlerin rumenden geçişini arttıran maddelerin kullanılması, kimi aminoasitlerin kapsül içerisine alınması veya aminoasit analoglarının kullanılması gibi yöntemlerle, özellikle yüksek süt verimli ineklerin aminoasit ihtiyaçlarının karşılanması sağlanmaktadır.

Sığır besisinde ise; protein kalitesinin rumen bakterileri tarafından bakteri proteini sentezleme olanağı bulunduğundan önemli olmadığı belirtilmekte ise de sığır

besisinde de protein kalitesinin dikkate alınması gerektiği ortaya konmuştur. Özellikle belirli aminoasitlerin örneğin; metiyonin, lizin ve treonin yetersizliği mikrobiyal protein sentezini sınırlamaktadır. Bu yüzden sığır besisindeki toplam protein ihtiyacı değiştirilerek yararlanabilir protein ihtiyacı, esansiyel aminoasit ihtiyaçları ve tüketilen yemlerin üre fermantasyonu özellikleri üzerinde durulmaktadır (Sevgican, 2001).

Gosh ve ark. (2016) ise larva dönemindeki bal arılarıyla yaptıkları çalışmada esansiyel aminoasit olan valin, izolosin, losin, lisin, tireonin, fenilalanin, histidin ve tiriptofan oranları sırasıyla % 6,2, 6,0 ,9,4 ,7,0, 6,1, 0,8, 2,6 ve 0 bulurken pupa döneminde bu oranlar sırasıyla % 5,9, 5,6, 7,7, 7,3, 4,6, 0,5, 2,7 ve 0 bulmuşlardır. Erişkin dönemdeki bal arılarıyla yaptıkları analiz sonucu esansiyel aminoasitler sırasıyla % 6,9, 5,6, 9,6, 6,6, 5,5, 0,9, 2,5 ve 0,03 olarak bulmuşlardır. Esansiyel olmayan aminoasitler olan tiriosin, arjinin, aspartik asit, serin, glutamik asit, glisin, alanin ve sistein oranları larvalarda sırasıyla; % 1,5, 1,6, 2,6, 1,4, 5,0, 1,4, 1,6, ve 0,3 bulunurken pupa dönemindeki esansiyel olmayan aminoasit oranları sırasıyla % 4,9, 5,6, 8,7, 4,9, 20,66,17,0 ve 1,0 bulunmuştur. Erişkin dönemdeki bal arılarıyla yaptıkları analiz sonucu esansiyel olmayan aminoasitlerin oranı sırasıyla %4,5, 5,9, 8,2, 5,9, 15,1, 7,6, 9,6 ve 1,7 olarak bulmuşlardır. Ayrıca böceklerin toplam aminoasit bileşimleri ve dolayısıyla protein içerikleri gelişmeyle birlikte artış göstermektedir (Ghosh ve ark., 2020). Dolayısyla mevcut çalışmada kullanılan erişkin arılarla larvalar arasında önemli farklılıkların sebebi gelişme döneminin ilerlemesine bağlanabilir.

Yem materyallerinin besleyicilik değerleri arasında önemli parametrelerden birisi de protein oranı yanında esansiyel amino asit oranı ve çeşitliliğidir. Örneğin yumurta tavukların beslenmesinde gerekli olan amino asitler 0-6 haftalık dönemde %0,45, 7-10 haftada %0,40, 11-16 haftalar arasında %0,36, 17-20 haftalarda %0,35 ve yumurtalama 1. dönemde %0,35 ve 2. döneminde %0,32 olarak belirtilmiştir (Kutlu, 2018).

Bal arıları ununun amino asit kompozisyonun incelenmesinde çoğu esansiyel amino asidin kanatlılar için (NRC, 1994) tatminkâr seviyede olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde kurutulmuş bal arılarının amino asit analizlerinin yapıldığı başka bir çalışmada

da yine amino asit oranlarının yüksek olduğu belirlenmiştir (Ozimek ve ark., 1985), bu durumda bu amino asit miktarlarının hayvanların beslenmesinde onları destekleyebileceğini göstermektedir. Özellikle lizin ve metiyonin gibi aminoasitler başta tek mideli hayvanlar olmak üzere tükettikleri yemlerle karşılanamadığı için sentetik kaynkalara başvurulmakta ve yemlerin maliyetlerini artırmaktadır. Yemlerdeki metiyonin ve lizinin kanatlılar için birinci ve ikinci dereceden sınırlayıcı amino asit olduğu beslemeciler tarafından gayet iyi bilinmektedir.

4.3.Gaz üretim potansiyellerinin ve kuru madde sindirilebilirliklerinin değerlendirilmesi

Mevcut çalışmada süt ineği yemlerine % 1, 2 ve %3 bal arısı unu katılmasının toplam gaz ve metan gazı üretimini önemli derecede etkilemediği belirlenmiştir. Ruminant hayvanlarda rumende üretilen gaz milktarı yenilen yemlerin kompozisyonu tarafından etkilenmektedir (Sallam ve ark., 2007). Ayrıca yemlerdeki aktif maddeler de rumen toplam gaz ve metan gazı üretimini önemli derecede etkileyebilmektedir (Wencelová ve ark., 2014). Böcek kullanımında rumen parametrelerini değiştirebilecek önemli bileşenlerden birisi olarak kitinler gösterilmektedir (Haryati ve ark., 2019). Renna ve ark. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, ruminant yemlerine farklı böcek unları katılmasının bitkisel kökenli protein kaynakları (soya, keten ve ayçiçeği küspeleri) toplam gaz üretimini ve metan gazı üretimini önemli derecede düşürdüğü (ortalama 1.75 karşı 4.64 mmol/g kuru maddede toplam gaz üretimi ve 0.33 karşı 0.91 mmol/g metan gazı üretimi), aynı zamanda daha düşük uçucu yağ asitleri (UYA) sağladığı (ortalama 4.12 karşı 7.53 mmol/g KM), ve daha yüksek oranda organik madde sindirimi sağladığı (ortalama 0.32 ye karşı 0.59 g/g) belirlemişlerdir. Araştırıcılar elde edilen bu pozitif etkilerin böceklerin sahip olduğu kitin, protein ve yağın ve yağ asidi profili yapısından kaynaklanmış olabileceğini bildirmişlerdir. Bu görüşü destekleyen çalışmalarda da (Haryati ve ark., 2019) böceklerin içerdikleri kitin ve kitosanın rumen fermantasyonunu olumlu olarak etkilediği ve metan emisyonunu azaltabileceği bildirilmektedir. Araştırıcılar yaptıkları bu çalışmada kara asker sineğinden elde edilen kitin ve kitosansın etkileri değerlendirilmiş ve kitin ekstraksiyonu, delipidasyon, deproteinasyon ve demineralizasyon olmak üzere üç adımda elde edildikten sonra kullanılmıştır. Ayrıca diyete bazı böceklerin dahil edilmesi metan üretiminin %16-18'e

kadar azalmasına yol açabilmektedir ki bu da çevresel olumsuz etkilerin azaltılmasına katkı sağlamaktadır (Ahmed ve ark., 2021).

4.4. Rasyonlara bal arısı unu ilavesinin enerji içeriklerinin değerlendirilmesi

Bu çalışmada toplam gaz üretimi yoluyla belirlenen ME miktarı 14,05 MJ/kg KM (3359 ME kcal/kg) ve NEL enerji miktarları ise 9,04 MJ/kg KM olarak belirlenmiştir. Finke (2005) bal arısı pupalarında ME değerlerini 1119 kcal/kg olarak bulurken Ghosh ve ark. (2016) protein ve karbonhidratları 4 ve yağı 9 ile çarpmak suretiyle larva pupa ve erişkinler için hesapladığı enerji değeri 455,8, 465,0 e 388,4 olarak hesaplamışardır. Diğer çalışmalarda NEL değerleri hesaplanamadığı için karşılaştırma yapılamamıştır. Ancak hesaplanan ME değerleri diğer iki araştırıcı ile kıyaslandığında daha yüksek bulunmuştur. Bir yemin enerjisi o yemin protein, karbonhidrat ve yağ kaynaklarından sağlanmaktadır. Yem kaynağının toplam enerjisi yanında enerji sağlanan kaynakların sindirilebilirliği de önemlidir, bu sayede yemdeki enerji kaynaklarından yararlanılabilir.

4.5. Rasyonlara bal arısı unu ilavesinin organik madde (OM) ve kuru madde sindirilebilirliği üzerine etkileri

Rasyona bal arısı unu ilavesinin organik madde üzerine etkilerinin önemli olduğu bulunmuş, en düşük OM oranı kontrol grubunda elde edilmiş ve bal arısı unu ilave edilen diğer grupların OM değerleri kontrol grubundan önemli derecede yüksek bulunmuştur. Ancak KM sindirilebilirliği gruplar arasında farklılık göstermemiş, en yüksek KM sindirilebilirliği kontrol grubunda elde edilmiş ve en düşük değer %3 bal arısı unu ilave edilen gruptan elde edilmiştir. Böcekler kolay çözünebilen proteinleri nedeniyle yüksek sindirilebilir özelliğe sahip olduğu belirtilmiştir (Finke, 2005; Meyer-Rochow ve ark., 2021). Farklı dört böceğin soya ile %25 oranında değiştirilmesinin rumen fermantasyon profili veya besin sindirilebilirliği üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığı belirtilmiştir (Ahmed ve ark., 2021). Bununla birlikte böceklerin ve böcek içeren yemlerin sindirilebiliriğinin en önemli belirleyicisinin kitin olduğu belirtilmektedir (Henry ve ark., 2015).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Bal üretim faaliyetleri sırasında ölen bal arılarının kimyasal analizlerinde protein, yağ ve toplam enerji bakımından yüksek değerde olduğu,
- Bal arısının invitro toplam gaz üretimine ve metan gazı salınımına önemli bir etkisinin olmadığı,
- Yapılan analizler sonucu rasyonların kuru madde, ham kül ve ham yağ oranları istatistiki olarak önemli bulunmuştur.
- Organik madde düzeyi bakımından arıların değerlerinin kontrol ve arı ilave edilmiş gruplardan istatistiki olarak önemli derecede yüksek olduğu belirlenmiştir.
- Bal arısı, biyolojisi iyi bilinen böceklerdendir. Bal arısının üretimi insanlar tarafından yönlendirilebilmekte ve yıl boyu sürekli üretim yapılabilmesi nedeniyle önemli bir böcek proteini kaynağı olabilir. Özellikle iklimin sert olduğu bölgelerde kışlama döneminde ölen bal arılarının yem olarak kullanılması ve geri dönüşüm sağlanabilmesi olanaklı bir durumdur. Ölen bu arıların çevreye atılmak yerine yemlerde kaynak olarak kullanılması ekonomik bir protein sağlanmasına katkı sağlayabilir.

Bu çalışmadan elde edilen verilere göre bal arısı ununun süt ineği rasyonlarına ilave edilmesi besin madde sağlamış ve ayrıca toplam gaz üretimi ve metan gazı üretimini değiştirmemiştir. Dolayısıyla, rasyona bal arısı unu ilavesinin çevreye her hangi bir zararı olmaksızın yem kaynağı olarak kullanılabileceğini söylemek mümkündür.

Sonuçların güvenirliğini kanıtlaması ve uygulamanın pratikte kullanılabilmesi için bu konu da daha fazla araştırma yapılması gerektiği kanısına varılmştır.

KAYNAKLAR

Abd Al-Fattah, M., Sanaa, A. M., and Enas, O. N. E.-D., 2012. Nutritive composition analysis of honeybee Apis mellifera L. brood as edible insect: Chemical composition and amino acids content. **Bulletin of the National Nutrition Institute of the Arab Republic of Egypt**, **40**(1–14). https://www.omicsonline.org/conference-proceedings/sports-nutrition-2016_posters-accepted-abstracts.digital

Abd Al-Fattah, M., Sorour, M., and Nour El-Din, E., 2009. Chemical Composition Of Honeybee (Apis mellifera L.) Brood. **Journal of Plant Protection and Pathology**, **34**(5), 5365–5371. DOI: 10.21608/jppp.2009.188390

AbdelHakeam, M. A., Mohamed, M. Y., AbdEl-Salam, O. M., and Ali, S. M., 2024. Effect of insect meal as substitute for Soybean meal on performance of Ossimi lambs. **Journal of Livestock Science**, **15**(1). DOI: 10.33259/jlivestsci.2024.27-41.

Ahmed, E., Fukuma, N., Hanada, M., and Nishida, T., 2021. Insects As Novel Ruminant Feed And A Potential Mitigation Strategy For Methane Emissions. **Animals**, **11**(9), 1–13. DOI: 10.3390/ani11092648

Ahmed, E., and Nishida, T., 2023. Optimal Inclusion Levels of Cricket and Silkworm as Alternative Ruminant Feed: A Study on Their Impacts on Rumen Fermentation and Gas Production. **Sustainability (Switzerland)**, **15**(2), 1415. DOI: 10.3390/su15021415

Amao, O. A., Oladunjoye, I. O., Togun, V. A., Olubajo, K., and Oyaniyi, O., 2010. Effect of westwood (Cirina forda) larva meal on the laying performance and egg characteristics of laying hen in a tropical environment. **International Journal of Poultry Science**, **9**(5), 450–454. DOI: 10.3923/ijps.2010.450.454

Andaç, A. E., and Yılmaz Tuncel, N., 2023. Sürdürülebilir ve Yeni Bir "Gıda" Alternatifi Olarak Yenilebilir Böcekler. **Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences**, **9**(1), 251–267. DOI: 10.28979/jarnas.1139883

AOAC, 1990. Official Methods of Analysis of AOAC International. **Association of Official Analysis Chemists International** (Vol. II, pp. 1058–1059). DOI: 10.3109/15563657608988149

Banjo, A. D., Lawal, O. A., and Songonuga, E. A., 2006. The nutritional value of fourteen species of edible insects in southwestern Nigeria. **African Journal of Biotechnology**, **5**(3).

Barker, D., Fitzpatrick, M. P., and Dierenfeld, E. S., 1998. Nutrient composition of selected whole invertebrates. **Zoo Biology**, **17**(2). DOI: 10.1002/(SICI)1098-2361(1998)17:2<123::AID-ZOO7>3.0.CO;2-B

Barroso, F. G., de Haro, C., Sánchez-Muros, M.-J., Venegas, E., Martínez-Sánchez, A., and Pérez-Bañón, C., 2014. The Potential Of Various İnsect Species For Use As Food For Fish. **Aquaculture**, **422**(1), 193–201.

Beşlioğlu, M. M., 2023. *Investigation of The Effect of Feeding Dolphin Cichlid (Cyrtocara Moorii Boulenger, 1902) Fish With Drone Larva (Apilarnil) on Egg Production and Larval Development*.

Biasato, I., Bellezza Oddon, S., Chemello, G., Gariglio, M., Fiorilla, E., Dabbou, S., Pipan, M., ve ark., 2022. Welfare implications for broiler chickens reared in an insect larvae-enriched environment: Focus on bird behaviour, plumage status, leg health, and excreta corticosterone. **Frontiers in Physiology**, **13**. DOI: 10.3389/fphys.2022.930158

Boussalia, Y., 2021. *Effects of the inclusion of insect oils and chitosan in ruminant diet on ruminal fermentation and biohydrogenation of fatty acids*. Retrieved from https://digital.csic.es/handle/10261/245475%0Ahttps://digital.csic.es/bitstream/10261/245475/1/Yasmine BOUSSALIA 2021 - Tesis de máster %281%29.pdf

Bovera, F., Loponte, R., Marono, S., Piccolo, G., Parisi, G., Iaconisi, V., Gasco, L., ve ark., 2016. Use of Tenebrio molitor larvae meal as protein source in broiler diet: Effect on growth performance, nutrient digestibility, and carcass and meat traits. **Journal of Animal Science**, **94**(2), 639–647. DOI: 10.2527/jas.2015-9201

Büyükkılıç Beyzi, S., 2020. Effect Of Replacement Of Sunflower Seed Meal With Isonitrogenous Polistes Instabilis On In Vitro Methanogenesis And Rumen Fermentation. **Journal of Insects as Food and Feed**, **6**(5), 489–498. DOI: 10.3920/JIFF2020.0044

Carrasco, M. N., and Drewery, M. L., 2024. Mealworm larvae and black soldier fly larvae as novel protein supplements for cattle consuming low-quality forage. **Translational Animal Science**, **8**(August). DOI: 10.1093/tas/txae122

Chen, P. P., Wongsiri, S., Rinderer, T. E., Vongsamanode, S., Matsuka, M., Sylvester, H. A., and Oldroyd, P., 1998. Honey bees and other edible insects used as human food and Thailand. **American Entomologist**, (1975), 24–29.

Despins, J. L., and Axtell, R. C., 1994. Feeding behavior and growth of turkey poults fed larvae of the darkling beetle, Alphitobius diaperinus. **Poultry science**, **73**(10). DOI: 10.3382/ps.0731526

Dominguez, D., Fukuda, E., Rea, J., and Drewery, M. L., 2024. In situ evaluation of multiple edible insects as feed for cattle. **Journal of Animal Science**, **102**(Supplement_1), 97–98. DOI: 10.1093/jas/skae019.110

Elahi, U., Wang, J., Ma, Y. B., Wu, S. G., Wu, J., Qi, G. H., and Zhang, H. J., 2020. Evaluation of yellow mealworm meal as a protein feedstuff in the diet of broiler chicks. **Animals**, **10**(2), 1–15. DOI: 10.3390/ani10020224

Elahi, U., Xu, C. C., Wang, J., Lin, J., Wu, S. G., Zhang, H. J., and Qi, G. H., 2022. Insect meal as a feed ingredient for poultry. **Animal Bioscience**. DOI: 10.5713/ab.21.0435

Fasihah, H., Ahmad, H., Kura, I. S., Ishak, I. H., and Salim, H., 2023. The potential of mealworm (Tenebrio molitor) and field cricket (Gryllus assimilis) as alternative nutrient sources in rumınant feed production. **Serangga**, **28**(3), 1–18. DOI: 10.17576/serangga-2023-2803-01

Finke, M. D., 2005. Nutrient composition of bee brood and its potential as human food. **Ecology of Food and Nutrition**, **44**(4), 257–270. DOI: 10.1080/03670240500187278

Ghosh, S., Jung, C., and Meyer-rochow, V. B., 2016. Nutritional value and chemical composition of larvae , pupae , and adults of worker honey bee , Apis mellifera ligustica as a sustainable food source. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, **19**(2), 487–495. Korean Society of Applied Entomology, Taiwan Entomological Society and Malaysian Plant Protection Society. DOI: 10.1016/j.aspen.2016.03.008

Ghosh, S., Sohn, H. Y., Pyo, S. J., Jensen, A. B., Meyer-Rochow, V. B., and Jung, C., 2020. Nutritional composition of Apis mellifera Drones from Korea and Denmark as a potential sustainable alternative food source: Comparison between developmental stages. **Foods**, **9**(4). DOI: 10.3390/foods9040389

Guiné, R. P. F., Florença, S. G., Correia, P. M. R., Anjos, O., Coelho, C., and Costa, C. A., 2022. Honey Bee (Apis mellifera L.) Broods: Composition, Technology and Gastronomic Applicability. **Foods**. DOI: 10.3390/foods11182750

Hanönü, M., Özdemir, M., and Büyükkılıç Beyzi, S., 2024. Effects of mealworm (Tenebrio Molitor L.) larvae supplementation to alfalfa hay at different levels on in vitro gas and methane production. **Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi**, **7**(1). DOI: 10.55257/ethabd.1393914

Hardy, A., Benford, D., PJM Noteborn, H., Ingi Halldorsson, T., Schlatter, J., Alfred Solecki, R., Jeger, M., ve ark., 2015. Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed EFSA Scientific Committee Risk profile of insects as food and feed Scientific Committee members. **Journal**, **13**(10).

Haryati, R. P., Jayanegara, A., Laconi, E. B., Ridla, M., and Suptijah, P., 2019. Evaluation of chitin and chitosan from insect as feed additives to mitigate ruminal methane emission. **AIP Conference Proceedings** (Vol. 2120, pp. 1–5). DOI: 10.1063/1.5115646

Hawkey, K. J., Lopez-Viso, C., Brameld, J. M., Parr, T., and Salter, A. M., 2021. Insects: A Potential Source of Protein and Other Nutrients for Feed and Food. **Annual Review of Animal Biosciences**. DOI: 10.1146/annurev-animal-021419-083930

Henry, M., Gasco, L., Piccolo, G., and Fountoulaki, E., 2015. Review on the use of insects in the diet of farmed fish : Past and future. **Animal Feed Science and Technology**, **203**, 1–22. Elsevier B.V. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2015.03.001

Hervás, G., Boussalia, Y., Labbouz, Y., Della Badia, A., Toral, P. G., and Frutos, P., 2022. Insect oils and chitosan in sheep feeding: Effects on in vitro ruminal biohydrogenation and fermentation. **Animal Feed Science and Technology**, **285**. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2022.115222

Hocking, B., and Matsumura, F., 1960. Bee Brood as Food. **Bee World**, **41**(5), 113–120. DOI: 10.1080/0005772x.1960.11096777

van Huis, A., 2021. Cultural aspects of ants, bees and wasps, and their products in sub-Saharan Africa. **International Journal of Tropical Insect Science**, **41**(3), 2223–2235. DOI: 10.1007/s42690-020-00410-6

Işık, Ö., and Kırkpınar, F., 2016. Etlik Piliçlerin Beslenmesinde Alternatif Protein Kaynağı Olarak Un Kurdu (Tenebrio molitor L .) ' nun Kullanımı. **Hayvansal Üretim Dergisi**, **57**(1), 15–21.

Jayanegara, A., Anzhany, D., and Despal, D., 2021. Maggot oil as a feed supplement for reducing methanogenesis of rumen microbial culture in vitro. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, **1098**(4), 042100. DOI: 10.1088/1757-899x/1098/4/042100

Jayanegara, A., Gustanti, R., Ridwan, R., and Widyastuti, Y., 2020. Fatty Acid Profiles Of Some İnsect Oils And Their Effects On İn Vitro Bovine Rumen Fermentation And Methanogenesis. **Italian Journal of Animal Science**, **19**(1), 1311–1318. DOI: 10.1080/1828051X.2020.1841571

Jayanegara, A., Haryati, R. P., Nafisa, A., Suptij, P., Ridla, M., and Lacon, E. B., 2020. Derivatization of Chitin and Chitosan from Black Soldier Fly (Hermetia illucens) and Their Use as Feed Additives: An In vitro Study. **Advances in Animal and Veterinary Sciences**, **8**(5), 472–477.

Jiménez-Ocampo, R., Valencia-Salazar, S., Pinzón-Díaz, C. E., Herrera-Torres, E., Aguilar-Pérez, C. F., Arango, J., and Ku-Vera, J. C., 2019. The role of chitosan as a possible agent for enteric methane mitigation in ruminants. **Animals**. DOI: 10.3390/ani9110942

Kahraman, O., Gülşen, N., İnal, F., Alataş, M. S., İnanç, Z. S., Ahmed, İ., Şişman, D., ve ark., 2023. Comparative Analysis of In Vitro Fermentation Parameters in Total Mixed Rations of Dairy Cows with Varied Levels of Defatted Black Soldier Fly Larvae (Hermetia illucens) as a Substitute for Soybean Meal. **Fermentation**, **9**(7). DOI: 10.3390/fermentation9070652

Khatun, R., Howlider, M. A. R., Rahman, M. M., and Hasanuzzaman, M., 2003. Replacement of Fish Meal by Silkworm Pupae in Broiler Diets. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, **6**(11), 955-958. DOI: 10.3923/pjbs.2003.955.958

Konca, Y., and Uzun, O., 2012. Effect of Animal Waste on Soil and Environment/Hayvansal Gübrelerin Toprak ve Çevre Üzerine Olan Etkileri. **4th Congress of Soil Scientists of Azerbaijan** (Vol. 2, pp. 0–0).

Konoval, O., Sychov, M., Umanets, D., Ilchuk, I., Balanchuk, I., Boiarchuk, S., Otchenashko, V., ve ark., 2023. Use of insects in feeding of fish (review). **Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies**, **25**(99). DOI: 10.32718/nvlvet-a9921

Lika, E., Kostić, M., Vještica, S., Milojević, I., and Puvača, N., 2021. Honeybee and plant products as natural antimicrobials in enhancement of poultry health and production. **Sustainability (Switzerland)**, **13**(15), 8467. DOI: 10.3390/su13158467

Makkar, H. P. S., 2018. Review: Feed demand landscape and implications of food-not feed strategy for food security and climate change. **Animal**, **12**(8), 1744–1754. DOI: 10.1017/S175173111700324X

Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuzé, V., and Ankers, P., 2014. State-of-the-art on use of insects as animal feed. **Animal Feed Science and Technology**, **197**, 1–33. Elsevier B.V. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008

De Marco, M., Martínez, S., Hernandez, F., Madrid, J., Gai, F., Rotolo, L., Belforti, M., ve ark., 2015. Nutritional value of two insect larval meals (tenebrio molitor and hermetia illucens) for broiler chickens: apparent nutrient digestibility, apparent ileal amino acid digestibility and apparent metabolizable energy. **Animal Feed Science and Technology**, **209**(1), 211–218. DOI: https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.08.006

Marono, S., Loponte, R., Lombardi, P., Vassalotti, G., Pero, M. E., Russo, F., Gasco, L., ve ark., 2017. Productive performance and blood profiles of laying hens fed Hermetia illucens larvae meal as total replacement of soybean meal from 24 to 45 weeks of age. **Poultry Science**, **96**(6), 1783–1790. Poultry Science Association Inc. DOI: 10.3382/ps/pew461

Menke, K. H., and Steingass, H., 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. **Anim. ßes. Dev.**, **28**, 7–55.

Meyer-Rochow, V. B., Gahukar, R. T., Ghosh, S., and Jung, C., 2021. Chemical composition, nutrient quality and acceptability of edible insects are affected by species, developmental stage, gender, diet, and processing method. **Foods**. DOI: 10.3390/foods10051036

Moorby, J. M., and Fraser, M. D., 2021. Review: New feeds and new feeding systems in intensive and semi-intensive forage-fed ruminant livestock systems. **Animal**. DOI: 10.1016/j.animal.2021.100297

Mulianda, R., Harahap, R. P., Laconi, E. B., Ridla, M., and Jayanegara, A., 2020. Nutritional evaluation of total mixed ration silages containing maggot (Hermetia illucens) as ruminant feeds. **Journal of Animal Health and Production**, **8**(3), 138–144. DOI: 10.17582/journal.jahp/2020/8.3.138.144

Muslykhah, U., Phupaboon, S., Suriyapha, C., Matra, M., and Wanapat, M., 2024. Encapsulation of protein-based bioactive from black soldier fly for ruminant feeding. **Journal of Agriculture and Food Research**, **18**(July), 101325. Elsevier B.V. DOI: 10.1016/j.jafr.2024.101325

Nafisah, A., Nahrowi, Mutia, R., and Jayanegara, A., 2019. Chemical composition, chitin and cell wall nitrogen content of Black Soldier Fly (Hermetia illucens) larvae after physical and biological treatment. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering** (Vol. 546, p. 042028). DOI: 10.1088/1757-899X/546/4/042028

Ningsih, R. H. C., Ramadani, A. D., Raynissa, D. J., Diapari, D., Fassah, D. M., Astuti, D. A., and Sudarman, A., 2023. Effects of Black Soldier Fly oil and calcium soap supplementation on rumen fermentability of Garut Sheep. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science** (Vol. 1208, p. 12059). DOI: 10.1088/1755-1315/1208/1/012059

NRC, N. R. C., 1994. *Nutrient requirements of poultry. 9 th rev. Ed. National Academy Press. Washington, DC*.

Oonincx, D. G. A. B., Van Broekhoven, S., Van Huis, A., and Van Loon, J. J. A., 2015. Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. **PLoS ONE**, **10**(12). DOI: 10.1371/journal.pone.0144601

Ozimek, L., Sauer, W. C., Kozkowski, V., Ryan, J. K., Jorgensen, H., and Jelen, P., 1985. Nutritive Value of Protein Extracted from Honey Bees. **Journal of Food Science**, **50**(5), 1327–1329. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1985.tb10469.x

Phesatcha, B., Phesatcha, K., Viennaxay, B., Matra, M., Totakul, P., and Wanapat, M., 2022. Cricket Meal (Gryllus bimaculatus) as a Protein Supplement on In Vitro Fermentation Characteristics and Methane Mitigation. **Insects**, **13**(2), 2–11. DOI: 10.3390/insects13020129

Prachumchai, R., and Cherdthong, A., 2023. Black Soldier Fly Larva Oil in Diets with Roughage to Concentrate Ratios on Fermentation Characteristics, Degradability, and Methane Generation. **Animals**, **13**(15), 2416. DOI: 10.3390/ani13152416

Pretorius, Q., 2011. The evaluation of larvae of Musca domestica (common house fly) as protein source for broiler production. **Master Thesis, Stellenbosch University**, (March), 95.

Ramos-Elorduy, J., González, E. A., Hernández, A. R., and Pino, J. M., 2002. Use of Tenebrio molitor (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. **Journal of Economic Entomology**, **95**(1), 214–220. DOI: 10.1603/0022-0493-95.1.214

Ravzanaadii, N., Kim, S.-H., Choi, W.-H., Hong, S.-J., and Kim, N.-J., 2012. Nutritional Value of Mealworm, Tenebrio molitor as Food Source. **International Journal of Industrial Entomology**, **25**(1). DOI: 10.7852/ijie.2012.25.1.093

Renna, M., Coppa, M., Lussiana, C., Le Morvan, A., Gasco, L., and Maxin, G., 2022. Full-Fat İnsect Meals İn Ruminant Nutrition: İn Vitro Rumen Fermentation Characteristics And Lipid Biohydrogenation. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, **13**(1), 16. DOI: 10.1186/s40104-022-00792-2

Rey, J., Díaz de Otálora, X., Atxaerandio, R., Mandaluniz, N., García-Rodríguez, A.,

González-Recio, O., López-García, A., ve ark., 2023. Effect of Chitosan on Ruminal Fermentation and Microbial Communities, Methane Emissions, and Productive Performance of Dairy Cattle. **Animals**, **13**(18). DOI: 10.3390/ani13182861

Robles-Jimenez, L. E., Cardoso-Gutierrez, B. S. ., Vargas-Bello-Perez, E., Castelan-Ortega, O. A., and Gonzalez-Ronquillo, M., 2022. Insects as sustainable feed alternative for ruminants: chemical composition and in vitro gas production. **Animal Science Proceedings**, **13**(1), 83–84. DOI: 10.1016/j.anscip.2022.03.113

Sagala, Y. G., Andadari, L., Handayani, T. H., Sholikin, M. M., Fitri, A., Fidriyanto, R., Rohmatussolihat, R., ve ark., 2024. The effect of silkworms (Bombyx mori) chitosan on rumen fermentation, methanogenesis, and microbial population in vitro. **Veterinary World**, **17**(6), 1216–1226. DOI: 10.14202/vetworld.2024.1216-1226

Sallam, S. M. A., Nasser, M. E. A., El-Waziry, A. M., Bueno, I. C. S., and Abdalla, A. L., 2007. Use of an in vitro Rumen Gas Production Technique to Evaluate Some Ruminant Feedstuffs. **Journal of Applied Sciences Research**, **3**(1), 34–41.

Shah, A. M., Qazi, I. H., Matra, M., and Wanapat, M., 2022. Role of Chitin and Chitosan in Ruminant Diets and Their Impact on Digestibility, Microbiota and Performance of Ruminants. **Fermentation**. DOI: 10.3390/fermentation8100549

Sun, T., Long, R. J., Liu, Z. Y., Ding, W. R., and Zhang, Y., 2012. Aspects of lipid oxidation of meat from free-range broilers consuming a diet containing grasshoppers on alpine steppe of the Tibetan Plateau. **Poultry Science**, **91**(1), 224–231. Poultry Science Association Inc. DOI: 10.3382/ps.2011-01598

Toral, P. G., Hervás, G., González-Rosales, M. G., Mendoza, A. G., Robles-Jiménez, L. E., and Frutos, P., 2022. Insects as alternative feed for ruminants: comparison of protein evaluation methods. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, **13**(1), 1–8. Journal of Animal Science and Biotechnology. DOI: 10.1186/s40104-021-00671-2

Veldkamp, T., van Duinkerken, G., van Huis, A., Ottevanger, E., Bosch, G., and van Boekel, T., 2012. Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets : a feasibility study = Insecten als duurzame diervoedergrondstof in varkens- en pluimveevoeders : een haalbaarheidsstudie. **Food Chemistry**, **50**(October), 192–195.

Wencelová, M., Váradyová, Z., Mihaliková, K., Jalč, D., and Kišidayová, S., 2014. Effects of selected medicinal plants on rumen fermentation in a high-concentrate diet in vitro. **Journal of Animal and Plant Sciences**, **24**(5), 1388–1395.

Zielińska, E., Baraniak, B., Karaś, M., Rybczyńska, K., and Jakubczyk, A., 2015. Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. **Food Research International**, **77**, 460–466. DOI: 10.1016/j.foodres.2015.09.008

Zuidhof, M. J., Molnar, C. L., Morley, F. M., Wray, T. L., Robinson, F. E., Khan, B. A., Al-Ani, L., ve ark., 2003. Nutritive value of house fly (Musca domestica) larvae as a feed supplement for turkey poults. **Animal Feed Science and Technology**, **105**(1–4), 225–230. DOI: 10.1016/S0377-8401(03)00004-X

ÖZGEÇMİŞ



KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı **:Betül Zehra BAL**

Doğum Yeri ve Tarihi **: Güneysınır, 01.01.1995**

E-Mail: **:benes2153@gmail.com**

EĞİTİM

Lise: Güneysınır Çok Programlı Lisesi (2009-2013)

Lisans: Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü (2014-2018, Bölüm 3.sü)

Yüksek Lisans: Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü(2022 -2024)

İŞ TECRÜBESİ

Anadolu Damızlık / Kuluçka /(Ziraat Mühendisi- Zooteknist /06.07.2017-12.06.2018)

BİLGİSAYAR BİLGİSİ

Orta seviyede

DİĞER

B Tipi Sürücü Ehliyeti (2015)

DİLLER

Türkçe, Anadil

İngilizce, B1

HOBİLER

Sinema, doğa yürüyüşü, kitap okuma