

BİDGE Yayınları

Dengeli Besleme Sistemleri: Çiftlik Hayvanlarından Evcil Hayvanlara

Editör: Doç. Dr. Özlem Karadağoglu

ISBN: xxxx

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 25.12.2024

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya / Ankara



İçindekiler

Mikroalglerin Hayvan Beslemede Kullanım Olanakları	4
Esra GÜRSOY	4
Yemdeki Protein Kalitesinin Döl Verimi Üzerine Etkisi	30
Mükremin ÖLMEZ	30
Ruminantlarda Kullanılan Enerji Değerlendirme Sistemleri	40
Özlem KARADAĞOĞLU	40
Mükremin ÖLMEZ	40
Kedi ve Köpek Diyetlerinde Yem Katkı Maddelerinin Kullanımı	53
Özlem KARADAĞOĞLU	53
The Effects of Climate Change on the Nutritional Value and Antinutritional Factors of Feeds	70
Ezgi TEGÜN	70
Ergün DEMİR	70
Rahim AYDIN	70
Tavuklarda Koksidiyosis Karşı Doğal Yem Hammaddelerinin Kullanımı	92
Sezen TAYAM	92
Mehmet Reşit KARAGEÇİLİ ²	92
Sibel ERDOĞAN ³	92

BÖLÜM I

Mikroalglerin Hayvan Beslemede Kullanım Olanakları

Esra GÜRSOY¹

Giriş

Hayvanların beslenme gereksinimlerini karşılamak için tarım verimi gereklidir. Tahıl, baklagiller, saman, saman, silaj, sıkıştırılmış pellet yem ve yağlar en çok kullanılan hayvan yemleridir. Bir kilogram et için, sığırlar ve koyunlar 8kg yem gerektirirken, domuz ve tavuk sırasıyla 4 ve 1,6kg yem gerektirir (Heap, 2008). Hayvan yemine yeterli besin sağlayabilecek, üretimi kolay ve maliyet etkin olan bir alternatif içerik eklemek, tarımsal verimi sağlamak için hayvan yetiştirmede yeni yem kaynakları üzerindeki baskıyı azaltabilir. Avrupa Birliği düzenlemeleri,

¹ Dr. Öğretim Üyesi., Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Eleşkirt Celal Oruç Hayvansal Üretim Yüksekokulu, Hayvansal Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Ağrı/Türkiye, Orcid: 0000-0002-4697-7365, egursoy@agri.edu.tr

reticileri mümkün olduğunca gıda/yem sentetik bileşenlerinin ve katkı maddelerinin kullanımını azaltmaya teşvik ederken, iyileştirilmiş besin değeri, biyoerişilebilirlik ve işlevselliği artıran yeni ürünler bulmaya teşvik eder. Son çalışmalara göre, yeşil ve mavi-yeşil mikroalgler, özellikle gıda ve yem endüstrisinde birkaç uygulama için en iyi kaynaklar olarak kabul edilmektedir (Plaza ve ark., 2008; Lee and Marino, 2010; Kova ve ark., 2013; Enzing ve ark., 2014; Herrador, 2016; Patras ve ark., 2019).

Mikroalgler fotosentez yoluyla güneş enerjisini kimyasal enerjiye dönüştüren tek hücreli organizmalardır (Deviram ve ark., 2020). Algler çok yüksek fotosentetik verime sahiptirler, nispeten hızlı biyokütle oluşturabilirler, çeşitli kirletici maddelere karşı dirençlidirler ve başka amaçlar için uygun olmayan arazide yetiştirilebilirler (Tolboom ve ark., 2019; Santhakumaran ve ark., 2020; Patil ve ark., 2020).

Algler, çeşitli sucul fotosentetik canlılar olarak çeşitlenmiş bir kategoridir ve makroalgler (deniz yosunu) ve mikroalgler (tek hücreli ve filamentli) olarak sınıflandırılır. Mikroalgler, yeterli ışık, karbon dioksit ve büyüme için gereken diğer besin maddelerinin bulunduğu havalandırılmış, sıvı ortamda yetişirler (Rosenberg ve ark., 2008). Tamamen fotosentetik değildirler, çünkü heterotrofik olarak yetiştirilebilirler. Algler, tatlı su veya deniz suyu gibi çeşitli ortamlarda bulunabilirler ve sıcak kaynaklar, çöller, donmuş topraklar gibi zorlu yerler de dahil olmak üzere çeşitli çevrelerde bulunabilirler. Mikroalgler, karasal bitkilerden daha yüksek foton dönüşüm verimliliğine, CO₂ tutma yeteneğine, büyüme hızına ve dolayısıyla artmış biyokütle verimine sahiptir (Gouveia, 2011; Malcata, 2011). Bu basit büyüme gereksinimleri ile mikroalgler,

protein, lipid ve karbonhidrat miktarlarını biriktirebilir ve dolayısıyla büyümeyi teşvik eden besin maddeleri bakımından zengin bir biyokütle elde edebilirler. Ekonomik ve çevre dostu bir süreçle üretilirler ve sürdürülebilirler. Mikroalglerden elde edilen ürünler, fitobilin pigmentleri, karotenoidler, omega-3 yağ asitleri, vitaminler ve polisakkaritler gibi besin, yem, nutrasötik, farmasötik ve kozmetik uygulamalarda oldukça değerlidir. Şekil 1, mikroalglerin yem olarak çeşitli uygulamalarına basit bir bakış sağlar.

Mikroalgler kimyasal bileşimleri nedeniyle gıda ve hayvan yeminin besin değerini arttırmak için kullanılmaktadır (Borowitzka, 1999) su ürünleri yetiştiriciliğinde çok önemli bir rol oynarlar (Becker, 2004). Ayrıca son derece değerli moleküllerin kaynağı olarak yetiştirilmektedir. Örneğin çoklu doymamış yağ asitleri bebek mamalarına ve besin takviyelerine eklenir ve doğal boyalar olarak pigmentleri önemlidir (Spolaore ve ark., 2006).

Şekil.1 Mikroalg yemlerinin çeşitli uygulamalarını ve avantajlarını gösteren grafiksel bir taslak (Dineshabu ve ark., 2019)



Mikroalglerin Besin Değeri

Mikroalgler, besin açısından zengin olup balıklar, hayvanlar ve insanlar için önemli miktarda hemen hemen tüm besin maddelerini sağlar. Her mikroalg türünün kendi besin profili vardır ve mikroalgler her türlü besinsel ihtiyaa cevap verebilir (Dineshabu ve ark., 2019).

Bazı mikroalg türleri protein içeriği bakımından o kadar zengindir ki, biyoktellerinin neredeyse yarısı proteindir. Spirulina'nın çoğu suşu, az miktarda Chlorella ve Nannochloropsis suşu, protein içeriği %40 ila %65 arasında değişen düzeylerde bulunur (Da Silva ve ark., 2016). Mikroalg proteini (Spirulina platensis proteini konsantresi), %87.45 ila %97.81 arasında yüksek bir protein sindirilebilirlik oranı sergiler (Yücetepe ve ark., 2018). Fitobilin pigmentleri protein tabanlıdır ve gıda endüstrisinde doğal bir boya olarak, kozmetiklerde ve tanı tekniklerinde kullanılmaları giderek yaygınlaşmaktadır (Sekar ve Chandramohan, 2008). Mikroalglerde kuru ağırlığın %10 ila %25'ini karbondhidratlar oluşturur (Chacn-Lee & Gonzlez-Mariño, 2010). Mevcut karbondhidratlar nişasta, selüloz, şekerler ve diğer polisakkaritler şeklinde bulunurlar. Chlorella türleri, ̢-glukan polisakkaritleri bakımından zengin bir kaynaktır (Iwamoto, 2007). Stres altında yüksek miktarda lipit biriktirebilir ve besinsel olarak değerli bir yağ asidi profiline sahiptirler. Toplam yağ asitlerinde omega-3 yağ asitleri yağ asitlerinin %30 ila %40'ını oluşturur (Adarme-Vega et al., 2012). UYA bakımından zengin mikroalglerle sucul ve hayvansal yem takviyesi yapılması, balık, yumurta, süt ve diğer gıda ürünlerinin daha yüksek omega-3 yağ asitlerine sahip olmasını sağlar.

Mikroalgler, metabolizmalarının son aşamalarında kendilerini karotenoid üretim aşamasına kaydırırlar ve değişen çevreye uyum sağlamak için pigmentin daha yüksek miktarlarını biriktirirler (Bhosale, 2004). Astaksantin, lutein, neoksantin, zeaksantin, violaksantin, kriptoksantin ve α -karoten, mikroalgler tarafından üretilen bazı karotenoidlerdir (Ben-Amotz ve ark., 1987; Borowitzka, 1988). Bir antioksidan olarak, karotenoidler hücreyi serbest radikallerden korur, lipid peroksidasyonunu önler ve fotosentetik aygıtı istikrarlı ve işlevsel tutar (Grossman ve ark., 2004). De Carvalho ve Caramujo (2017), Karotenoid içeren su ürünleri yeminin, daha iyi sağlık, gelişme ve hayatta kalma oranı sağladığı bildirmişler.

Mikroalgler, vitaminler ve mineraller bakımından da çok iyi bir kaynaktır. Özellikle A vitamini, B1, B2, B6, B12, C, E, K, niyasin, nikotinat, biyotin ve folik asit gibi vitaminlere sahiptirler (Becker, 2013; de Jesus Raposo ve ark., 2013). Ayrıca kalsiyum, fosfor, magnezyum, potasyum, sodyum, çinko, demir, bakır ve kükürt gibi mineraller açısından da zengindir (Fox & Zimba, 2018). Mineraller, toplam kuru ağırlığın %2.2 ila %4.8'ini oluşturur (Hoseini ve ark., 2013).

1- Mikroalglerin Protein Kaynağı Olarak Kullanımı

Mikroalgler hem gıda hem de yem için umut verici bir protein kaynağıdır. Tarıma elverişli arazi gerektirmezler ve tuzlu su veya atıksu gibi kaynaklar kullanılarak fotobioreaktörlerde veya yarış yolu havuzlarında üretilirler. Bu makro ve mikrobesein maddelerinin kompozisyonu, tür, suş, büyüme koşulları ve biyokütle durumu (tam veya yağsız alg yemeği) gibi birçok faktöre bağlıdır. Spirulina (Arthrospira sp.), Chlorella sp. ve Schizochytrium sp., hayvan

retiminde en yaygın olarak kullanılan mikroalglerdir (Martins ve ark., 2021). Spirulina, kuru ağırlığın %60 ila %70'ini oluşturan protein bakımından zengin bir kaynak olarak bilinir (Holman ve Aduli, 2013). Chlorella sp., kuru ağırlığın %50 ila %60'ı arasında değişen protein konsantrasyonuna sahiptir (Gutiérrez-Salmeán ve ark., 2015). Micractinium, broylerler için kullanışlı bir protein kaynağı olduğu ve diyetin %6'sına kadar takviye edilmesi büyüme performansı üzerinde herhangi bir olumsuz etkiye sahip olmadığı bildirilmiştir (Lipstein ve Hurwitz, 1981).

Moran ve ark. (2018), broyler diyetlerinde diyet ham proteinin %21'den %17'ye düşürölmesi durumunda %7,4 Schizochytrium sp. ile tamamlayıcı takviyeyi incelemişlerdir. Bahsedilen çalışmada, karkas veriminde artış rapor edilmiş, ancak etin genel kabul edilebilirliğinin ve oksidatif stabilitesinin azaldığı belirtilmiştir. Mikroalgler tarafından üretilen yem materyalinin kimyasal bileşimi nedeniyle, geleneksel diyet protein kaynaklarının kısmi olarak yerine geçirilmesi yoluyla et ve yumurtanın besleyici bileşimini artırmak için etkili bir şekilde kullanılabileceğı sonucuna varılmıştır (Uguz ve Sozcu, 2023).

C. vulgarisin yüksek bir protein konsantrasyonu ve biyolojik değer içerdığı, bu nedenle mikroalglerin geviş getirenler için yüksek bir değere sahip olduğu bildirilmiştir (Kholif ve ark., 2017). C. vulgaris'in görece yüksek protein içeriğı, nükleik asitler, nitrojen içeren hücre duvarları ve aminlerden oluşan protein olmayan azot içeriğı nedeniyle, proteinin besleyici değerinin sınırlı olmasına karşın, ruminant olmayan hayvanlar için zayıf bir besin değerine sahip olduğu; ancak, ruminantların bunu yüksek verimlilikle kullanabildiğı belirtilmiştir (Madeira ve ark., 2017; Ru ve ark.,

2020). Kholif ve ark. (2020), *C. vulgaris* takviyesi ile özellikle ham protein (CP) ve nötr deterjan lifi (NDF) sindirilebilirliklerinde artış gözlemlendiler. Diğer bir araştırmada *C. vulgaris* takviyesinin, yüksek rumende sindirilemeyen protein içeriği ve selüloz, hemiselüloz, pektin ve nişasta gibi düşük besinsel polisakkarit konsantrasyonları nedeniyle ruminal fermantasyonu olumsuz etkilediği rapor edilmiştir (Wild ve ark., 2019). Lamminen ve ark. (2017), Fin Ayrshire ineklerinin diyetlerinde peletlenmiş kanola ve *Spirulina platensis* ile *C. vulgaris* mikroalglerinin kombinasyonunu (kuru madde bazında 1:1) ek protein kaynağı olarak kullanmanın, plazma metabolitleri üzerinde küçük etkileri olduğunu gözlemlendiler. Son zamanlarda, Kholif ve ark. (2020), laktasyon dönemindeki keçilere *C. vulgaris* verilmesinin serum total protein, albumin, globulin konsantrasyonları üzerinde minimal etkileri olduğunu ancak artmış serum glukoz ve azalmış serum total lipidlerin not edildiğini gözlemlendiler.

In vivo çalışmalarına, *Arthrospira platensis*'in rumende protein sindirilebilirliğinin kanola yeminden daha yüksek olabileceğini ancak baklagillerden fasulye gibi olmadığını öne sürmektedir. Lamminen ve ark., 2017; Lamminen ve ark., 2019). Başka bir *in vivo* çalışmada, *Arthrospira platensis*'in, aynı azot düzeyinde eklenen soya fasulyesi ununa göre numerik olarak daha yüksek bir rumende amonyak konsantrasyonuna neden olduğu, bu durumun daha yüksek rumen protein sindirilebilirliğini gösterebileceğini ancak farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı öne sürülmüştür. (Manzocchi ve ark., 2020).

Evans ve ark. (2015), kurutulmuş tam yağlı *Spirulina* alglerinin mısırın enerji değerine eşit bir enerji değerine (2839 kcal

TMEn/kg) sahip olduğunu göstermişlerdir, ayrıca yüksek düzeyde ham protein (%76) ve esansiyel amino asitler içerdiğini rapor etmişlerdir. Ayrıca, kurutulmuş alglerin %16'sının broyler başlangıç diyetine herhangi bir olumsuz etki olmaksızın katılabileceğini bildirmişlerdir. Benzer sonuçlar, Ross ve Dominy (1990) tarafından yapılan çalışmada elde edilmiştir; bu çalışmada, yemde %1.5, %3, %6 veya %12 oranında dehidre Spirulina içeren broylerlere beslenenlerde performansta anlamlı farklılıklar bulunmamıştır. Yazarlar, Spirulina'nın yeme %12'ye kadar oranla iyi büyüme ve yeme dönüşüm oranı ile diğer protein kaynaklarının yerine kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Genel olarak, mikroalgler, hayvan diyetlerinde yeni yem maddeleri talebini karşılamak için doğal içerikler veya takviyeler olarak kullanılabilir. Ayrıca, mikroalgler, yemde sentetik katkı maddelerine alternatif olarak protein ve enerji açısından ilginç bir beslenme kaynağı olduğu bildirilmiştir (Martins ve ark., 2021).

2- Omega-3 Yağ Asitleri Kaynağı Olarak Mikroalgler

Mikroalgler ruminant beslenmesinde önemli olan birçok yağ asidi içerir. Ruminantlar için omega-3 yağ asitlerinin başlıca kaynağı olan yoncalar, özellikle α -linolenik asit (ALA; 18:3 n-3) bakımından zengindir. Buna karşılık, arpa, yulaf, buğday, mısır ve soya fasulyesi gibi konsantre yemlerde omega-6 yağ asitleri, özellikle linoleik asit (LA; 18:2 n-6), toplam yağ asitlerinin önemli bir kısmını oluşturur (%40-%60) (Heuzé ve ark., 2020). Omega-3 çoklu doymamış yağ asitlerinin (n-3 PUFA), nöronal gelişimdeki önemli rolünün yanı sıra, birkaç hastalığın önlenmesi ve tedavisinde potansiyele sahip olduğu genel olarak kabul edilmektedir. Bu uzun zincirli omega-3 yağ asitleri, insan nüfusuna önemli sağlık faydaları sağlar, özellikle

aritmî, inme ve yüksek kan basıncı gibi kardiyovasküler hastalıkların azaltılmasında (Romieu ve ark., 2005. Ek olarak, depresyon, romatoid artrit ve astım gibi hastalıklara da faydalı etkileri olduğu gözlemlenmiştir (Von Schacky ve Harris, 2007). Ruminantlar omega-3 çok uzun zincirli çoklu doymamış yağ asidini mikroalglerden ve mikroalgleri tüketen balıklardan elde ederler. Ancak, mikroalgal kaynaklar bu temel yağ asitlerinin potansiyel kaynakları olarak önemli olmalarına rağmen, pratikte hala yaygın olarak kullanılmamaktadır.

Mikroalgler omega-3 bakımından zengindir ve bu yağ asitleri verimli bir şekilde süt ile aktarılır. İnekler üzerinde yapılan çalışmalar, omega-3 transfer verimliliğinin rumenal infüzyonlar durumunda daha yüksek olduğunu göstermektedir (+161% omega 3 artışı ile) (Boeckeaert ve ark., 2008). Mikroalglerin rasyona eklenmesiyle transfer verimliliği daha düşük olsa da yine de önemlidir (+19%'dan başlayarak artışlar %100'ü aşar) (Póti et al., 2015). Keçi sütünde de artışlar kaydedilmiştir (+19% omega 3) (Póti et al., 2015). Bu sonuçlar ilginçtir çünkü şimdiye kadar sütteki omega-3 içeriğini artırmaya yönelik yapılan besleme denemeleri, rumende çoklu doymamış yağ asidi biyohidrojenasyonunun büyük ölçekli olması nedeniyle sınırlı sonuçlara yol açmıştır. Sütte omega-3 serisine ait yağ asitleri arasında, mikroalg takviyesi sonucunda C22:6 (DHA) üzerinde neredeyse kesin artışlar rapor edilmiştir. Dokosahekzaenoik Asit (DHA), temel bir yağ asidi olup sinir sisteminin önemli bir bileşenidir. İneklerde (Boeckeaert ve ark., 2008; Moate ve ark., 2013; Póti ve ark., 2015), keçilerde (Póti ve ark., 2015) ve koyunlarda (Papadopoulos ve ark., 2002; Reynolds ve ark., 2006; Bichi ve ark., 2013) DHA'da artış gözlemlenmiştir. İneklerde

%100 ila %1000 veya daha fazla pozitif varyasyonlar (Boeckeaert ve ark., 2008; Moate ve ark., 2013; Poti ve ark., 2015), koyunlarda %660 artış (Bichi ve ark., 2013) ve keçilerde %100 artış (Poti ve ark., 2015) arasında değişmiştir. C20:5 (EPA), sağlık için faydalı başka bir omega-3 yağ asidi olup, mikroalg takviyeli bir diyetle ineklerde %17 ila %112 artış (Moate ve ark., 2013), keçilerde %133 artış (Póti et al., 2015) ve koyunlarda %50 ila %100 veya daha fazla artış (Papadopoulos ve ark., 2000; Bichi et al., 2013) tespit edilmiştir.

Bruneel ve ark. (2013), tavuklara *N. gaditana* ile 14 günden daha uzun süre beslenmesi, EPA ve DHA seviyelerini daha fazla artırmadığını, ancak %10.0 tedavi grubunun EPA seviyesi hafifçe artarak $3.3 (\pm 0.8)$ mg'den $4.7 (\pm 0.8)$ mg'ye yükseldiğini, bu nedenle, omega-3 yağ asitleri ile yumurta zenginleşmesinin ilk 14 gün boyunca arttığı, 14. gün civarında bir düzeye ulaştığı veya daha önce bir düzeye ulaştığı ve daha fazla takviye sırasında sabit kaldığını bildirmişlerdir. Tavukların diyetine %2 *Schizochytrium* spp. mikroalglerinin verilmesi, DHA seviyelerinin 100 mg/yumurta'nın üzerine çıkmasına neden olduğu, ayrıca bu takviyenin, yumurta sarısındaki omega-6:3 oranını optimal oran içinde düşürebileceği bildirilmiştir (Kaewsutas ve ark., 2016). Birçok omega-3 açısından zengin mikroalg, yumurtalardaki bu yağ asitlerinin seviyesini artırmak için mevcut n-3 LC- uzun zincirli çoklu doymamış yağ asidi kaynaklarına bir alternatif sunar. Ancak, yumurta sarısının renk değişimi, tüketicilerin kabul edilebilirliğini azaltabileceğinden, karotenoid zenginleştirme de dikkate alınmalıdır (Lemahieu ve ark., 2013).

3- Renk Katkısı Olarak Kullanımı

Mikroalglerden büyük ölçekli karotenoid üretimi genellikle astaksantin ve β -karoten içindir. Bunlar sırasıyla *Haematococcus pluvialis* ve *Dunaliella salina*'dan gelmektedir. β -karoten ve türevleri, margarine sarı rengi sağlamak, balığın etinin ve yumurta sarısının rengini artırmak ve tahıl ile beslenen sığırın sağlığını ve doğurganlığını artırmak için gıda boyaları olarak (E160) kullanılır (Priyadarshani ve Rath, 2012). Karotenoidler birkaç avantaj sağlayabilir çünkü antioksidanlar olarak hareket ederek sağlık faydaları sunar ve yumurta sarısının lipidlerinin oksidatif stabilitesini artırır. Öte yandan, tüketicilerin kırmızimsı bir yumurta sarısı rengine olan kabulü coğrafi bölgelere göre değişir. Örneğin, Avrupa'da, kuzey ülkelerinde tüketiciler soluk sarıları tercih ederken, güneyde koyu sarımsı, kırmızimsı yumurta sarıları tercih edilir (Fraeye ve ark., 2012).

Heterotrofik mikroalgler (HMA), birçok karotenoid içerir, bunların en bol olanları β -karoten ve kantaksantindir (Herber-McNeill ve VanElswyk, 1998). HMA ile beslenen tavuklardan elde edilen yumurtalarda kırmızıya doğru bir renk değişimi 2 haftada gözlemlenmiştir (Tallarico vd., 2002). Bu, karotenoidlerin yumurta sarısına aktarıldığını göstermektedir. Genel olarak, β -karotenin yumurta sarısına çok az biriktiği kabul edilmektedir çünkü tavuklar β -karoteni etkili bir şekilde A vitaminiye dönüştüren enzimlere sahiptir. Diğer karotenoidler, özellikle kantaksantin, daha verimli bir şekilde aktarılır (Fraeye ve ark., 2012). Kanatlılarda yapılan çalışmalarda; yumurta sarısının karotenoid içeriği önemli ölçüde arttığı (Fredriksson ve ark., 2006), bu da yumurta sarısının rengini dramatik bir şekilde etkilediği bildirilmiştir (Foubert ve ark., 2011;

Fredriksson ve ark., 2006; Nitsan ve ark., 1999). Benzer şekilde, tavukların diyetine *Porphyridium* sp. (Rodophyta) eklenmesiyle, Ginzberg ve ark. (2000), yumurta sarısının renginde daha koyu bir sarıya doğru bir değişim olduğunu belirtmiş, bu da yumurta sarısının karotenoid içeriğinin artmasından kaynaklandığını bildirmiştir. Kanatlı tavuk diyetine *Phaeodactylum*, *Isochrysis* ve *Nannochloropsis* takviyesi ile sadece n-3 LC- uzun zincirli çoklu doymamış yağ asidi'nin zenginleştiği, aynı zamanda karotenoid içeriğinde de bir artış tespit edilmiştir. Bu durumun, yumurta sarısının artan kırmızı rengine neden olduğu, öte yandan, yumurta sarısının sterol içeriği neredeyse hiç etkilenmediği belirlenmiştir (Lamehieu ve ark., 2013).

Yumurta sarısı rengi, tüketiciler için önemli bir kalite ve görsel parametredir ve altın renginden turuncu-sarı renklere kadar değişen bir pigmentasyon derecesi gereklidir, bu renkler tüketiciler için daha çekici kabul edilir (Baiao, 1999). Kanatlı tavukların karotenoidleri sentezleyememesi nedeniyle, yumurta sarı rengini yoğunlaştıran etkiye sahip olan karotenoidlerin, kanatlı tavukların diyetlerine zengin karotenoid içeriğine sahip bazı malzemelerle takviye edilmesi gerekmektedir (Uguz ve Sozcu, 2023).

4- Sürdürülebilirlik ve Çevresel Etkiler

Mikroalglerin, tipik karasal bitkiler ve enerji bitkileri üzerinde avantajlarından dolayı alternatif ve rekabetçi bir biyokütle kaynağı temsil etmesi gerçeği, onların oldukça yüksek fotosentetik verimliliğe sahip olmaları, nispeten hızlı bir şekilde biyokütle oluşturabilmeleri, çeşitli kirleticilere dayanıklı olmaları ve diğer amaçlar için uygun olmayan arazilerde yetiştirilebilmeleri gibi özelliklerine dayanmaktadır (Kamani ve ark., 2019; Tolboom ve

ark., 2019; Patil ve ark., 2020; Santhakumaran ve ark., 2020; Ziolkowska ve ark., 2020). Mikroalg üretim sistemleri ayrıca çevreyi koruyan teknolojilerde (Stiles ve ark., 2018) de kullanılabilir, bu da kanalizasyon ve sızıntı suyu arıtma, atık ve çamurun nötralizasyonu, karbondioksit biyosekestrasyonu, biyogaz yükseltme ve bacalardan gelen gazın arıtılması gibi uygulamaları içerebilir (Nagarajan ve ark., 2019; SundarRajan ve ark., 2019; Nawaz ve ark., 2020). Mikroalglerin enerji amaçları için kullanılması, biyogaz, biyohidrojen, biyoetanol ve biyodizel üretimi de dahil olmak üzere, en umut verici alanlardan biridir. Mikroalg biyokütlesi, geleneksel yakıtlara kıyasla daha düşük kirletici emisyon seviyelerine sahip olan bir enerji taşıyıcı üretimi için kesinlikle umut vadeden bir altlık olarak karakterize edilir (Dębowski ve ark., 2020).

Bazı araştırmacılar mikroalg biyokütle üretkenliği, gerçek teknolojik performansı ve maliyet etkinliği konularında çelişkili sonuçlar sunmuşlardır. Lardon ve ark. (2009), mikroalg yetiştiriciliğini geleneksel üretim yöntemleriyle karşılaştırarak, biyokütle yetiştirme, hasat ve kurutma maliyetlerinin çok yüksek olması ve yağ çıkarma maliyetlerinin de yüksek olması nedeniyle biyodizel üretimi için maliyet açısından uygun bir yöntem olmadığı sonucuna varmışlardır. Öte yandan, Clarens ve ark. (2011), mikroalg biyokütlesinden üretilen biyodizel için olumlu bir enerji dengesi ve olumlu bir çevresel sonuç elde etmişlerdir. Karbondioksit ve biyogenik bileşiklerin büyüme ortamı için kaynak olarak kullanıldığı, egzoz gazları ve atıksuları kaynak olarak kullanan bir yöntem geliştirmişlerdir.

Algler, çok yüksek fotosentetik verime sahiptir, hızla biyokütle oluşturabilir, çeşitli kirleticilere dayanıklıdır ve diğer

amaçlar için uygun olmayan arazilerde yetiştirilebilir. Bu düşünceler göz önüne alındığında, algler geleneksel enerji ürünü bitkilere uygun bir alternatif sağlayabilir. Ancak, mikroalg biyokütlesinin üretimi ve kullanımı için teknolojik çözümlerin büyük ölçekte uygulanması yolunda birçok ekonomik, teknolojik ve yasal zorluklarla karşı karşıyadır. Uygun olmayan iklim koşulları da sık sık bir engel teşkil etmektedir. Bu durum, herhangi bir mikroalg kültür tesisi tarafından, mikroalg büyümesinde kritik faktörler olan uygun termal ve ışık koşullarını sağlayan teknolojilerin kullanılması gerektiği anlamına gelir. Ancak, bu tür çözümlerin tanıtılması, teknolojinin yatırım ve işletme maliyetlerini büyük ölçüde artırır (Dębowski ve ark., 2020).

Sonuç

Mikroalgler, besin değeri bakımından oldukça zengin ve çeşitli kullanım alanlarına sahip değerli organizmalardır. Protein, karbonhidrat, yağ asitleri, vitaminler, mineraller ve karotenoidler açısından zengin bir içeriğe sahiptirler. Bu nedenle, mikroalgler hem insan beslenmesi hem de hayvan yemi olarak umut verici bir kaynak olarak görülmektedir. Özellikle protein ve omega-3 yağ asitleri bakımından zengin olmaları, mikroalglerin hayvan yemi olarak kullanımını ve insanların omega-3 ihtiyaçlarını karşılamak için beslenmelerine entegre edilmesini destekler. Ayrıca, mikroalglerin renk katkısı olarak kullanılması ve çevresel etkilerinin az olması, sürdürülebilirlik açısından da önemli avantajlar sunmaktadır. Ancak, mikroalglerin büyük ölçekte ticari olarak yetiştirilmesi ve kullanılması için teknolojik, ekonomik ve yasal zorlukların aşılması gerekmektedir.

Literatür

Adarme-Vega, T. C., Lim, D. K. Y., Timmins, M., Vernen, F., Li, Y., & Schenk, P. M. (2012). Microalgal biofactories: A promising approach towards sustainable omega-3 fatty acid production. *Microbial Cell Factories*. 11(1).

Baiao, N.C.; Mendez, J.; Mateos, J.; García, M.; Mateos, G.G. 1999. Pigmenting Efficacy of Several Oxycarotenoids on Egg Yolk. *J. Appl. Poult. Res.* 8, 472–479.

Becker, W. (2004). Microalgae in human and animal nutrition, p. 312-351. In Richmond, A. (ed.), *Handbook of microalgal culture*. Blackwell, Oxford.

Becker, E. W. (2013). Micro-algae for human and animal consumption. In A. E. Richmond & Q. Hu (Eds.), *Handbook of Microalgal Culture: Applied Phycology and Biotechnology* (Second, pp. 461–503).

Ben-Amotz, A., Gressel, J., & Avron, M. (1987). Massive accumulation of phytoene induced by norflurazon in *Dunaliella bardawil* (chlorophyceae) prevents recovery from photoinhibition. *Journal of Phycology*. 23(1), 176–181.

Bhosale, P. (2004). Environmental and cultural stimulants in the production of carotenoids from microorganisms. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 63(4), 351–361.

Bichi, E., Hervás, G., Toral, P.G., Llor, J.J., Frutos, P., 2013. Milk fat depression induced by dietary marine algae in dairy ewes: Persistency of milk fatty acid composition and animal performance responses. *J. Dairy Sci.* 96, 524–532.

Boeckaert et al., 2008. Experiment 1 basal diet: TMR. Ingredients (g/kg of DM): grass silage 333; corn silage: 333; standard dairy concentrate: 306; soybean meal: 27.8

Borowitzka, M. A. (1988). Vitamins and fine chemicals from micro-algae. In M. Borowitzka, & L. Borowitzka (Eds.). *Micro-algal Biotechnology* (pp. 153–196). Cambridge University Press Retrieved from <http://researchrepository.murdoch.edu.au/id/eprint/36188/>.

Borowitzka, M. A. (1999). Commercial production of microalgae: ponds, tanks, tubes and fermenters. *J. Biotechnol.*, 70, 313-321.

Bruneel, C., Lemahieu, C., Fraeye, I., Ryckebosch, E., Muylaert, K., Buyse, J., & Foubert, I. (2013). Impact of microalgal feed supplementation on omega-3 fatty acid enrichment of hen eggs. *Journal of functional foods*, 5(2), 897-904.

Clarens, A.F.; Nassau, H.; Resurreccion, E.P.; White, M.A.; Colosi, L.M. 2011. Environmental Impacts of Algae-Derived Biodiesel and Bioelectricity for Transportation. *Environ. Sci. Technol* 45, 7554–7560.

Da Silva Vaz, B., Botelho Moreira, J., Greque de Moraes, M., & Vieira Costa, J. (2016). Microalgae as a new source of bioactive compounds in food supplements. *Current Opinion in Food Science*, 7, 73–77.

Dębowski, M., Zieliński, M., Kazimierowicz, J., Kujawska, N., & Talbierz, S. (2020). Microalgae cultivation technologies as an

opportunity for bioenergetic system development—advantages and limitations. *Sustainability*, 12(23), 9980.

De Carvalho, C. C. C. R., & Caramujo, M. J. (2017). Carotenoids in aquatic ecosystems and aquaculture: A colorful business with implications for human health. *Frontiers in Marine Science*, 4, 93.

de Jesus Raposo, M. F., de Morais, R. M. S. C., & de Morais, A. M. M. B. (2013). Health applications of bioactive compounds from marine microalgae. *Life Sciences*, 93(15), 479–486.

Deviram, G.; Mathimani, T.; Anto, S.; Ahamed, T.S.; Ananth, D.A.; Pugazhendhi, A. (2020). Applications of microalgal and cyanobacterial biomass on a way to safe, cleaner and a sustainable environment. *J. Clean. Prod.*, 253, 119770.

Dineshbabu, G., Goswami, G., Kumar, R., Sinha, A., & Das, D. (2019). Microalgae—nutritious, sustainable aqua-and animal feed source. *Journal of Functional Foods*, 62, 103545.

Enzing C, Ploeg M, Barbosa M, Sijtsma L, (2014). Microalgae-based products for the food and feed sector: an outlook for Europe, JRC Scientific and Policy reports/ *European commission*. 7, 5-63.

Evans, A.M., Smith, D.L. and Moritz, J.S. (2015) Effects of algae incorporation into broiler starter diet formulations on nutrient digestibility and 3 to 21 d bird performance. *Journal of Applied Poultry Research* 24, 206-214.

Fraeye, I., Bruneel, C., Lemahieu, C., Buyse, J., Muylaert, K., & Foubert, I. (2012). Dietary enrichment of eggs with omega-3 fatty acids: A review. *Food Research International*, 48(2), 961-969.

Fredriksson, S., Elwinger, K., & Pickova, J. (2006). Fatty acid and carotenoid composition of egg yolk as an effect of microalgae addition to feed formula for laying hens. *Food Chemistry*, 99, 530–537.

Foubert, I., Bruneel, C., Fraeye, I., Muylaert, K., & Buyse, J. (2011). Effect of algal feed supplement on omega 3 enrichment in eggs. Poster presentation at the 4th congress of the international society for applied phycology, June 19–24, Halifax, Canada.

Fox, J. M., & Zimba, P. V. (2018). Minerals and Trace Elements in Microalgae. *Microalgae in Health and Disease Prevention*, 177–193.

Ginzberg, A., Cohen, M., Sod-Moriah, U. A., Shany, S., Rosenshtrauch, A., & Arad, S. (2000). Chickens fed with biomass of the red microalga *Porphyridium* sp have reduced blood cholesterol level and modified fatty acid composition in egg yolk. *Journal of Applied Phycology*, 12, 325–330.

Gouveia, L. (2011). Microalgae as a Feedstock for Biofuels. *SpringerBriefs in Microbiology*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-64217997-6>.

Grossman, A. R., Lohr, M., & Im, C. S. (2004). *Chlamydomonas reinhardtii* in the landscape of pigments. *Annual Review of Genetics*, 38(1), 119–173.

Gutiérrez-Salmeán, G.; Fabila-Castillo, L.; Chamorro-Cevallos, G. (2015) Nutritional and toxicological aspects of *Spirulina* (*Arthrospira*). *Nutr. Hosp.* 32, 34–40.

Heap, T. (2008). BBC NEWS | Science/Nature | Meat in a low-carbon world. Retrieved March 1, 2019, from <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/7389678.stm?wwparam=1349466442>.

Herber-McNeill, S. M., & Van Elswyk, M. E. (1998). Dietary marine algae maintains egg consumer acceptability while enhancing yolk color. *Poultry Science*, 77, 493–496.

Herrador M, (2016). The microalgae/biomass industry in Japan - an assessment of cooperation and business potential with european companies. Tokyo, Japan, 2-12.

Heuzé V, Tran G, Kaushik S. Soybean meal. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO: 2020. Available from: <https://www.feedipedia.org/node/674>

Holman, B.W., & Malau-Aduli, A.E. (2013) *Spirulina* as a livestock supplement and animal feed. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 97, 615–623.

Hoseini, S. M., Khosravi-Darani, K., & Mozafari, M. R. (2013). Nutritional and medical applications of *Spirulina* microalgae. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*, 13(8), 1231–1237.

Iwamoto, H. (2007). Industrial production of microalgal cell-mass and secondary products– Major Industrial Species: *Chlorella*.

Handbook of Microalgal Culture. <https://doi.org/10.1002/9780470995280.ch11>.

Kaewsutas, M., Sarikaphuti, A., Nararatwanchai, T., Sittiprapaporn, P., & Patchanee, P. (2016). The effects of dietary microalgae (*Schizochytrium* spp.) and fish oil in layers on docosahexaenoic acid omega-3 enrichment of the eggs. *Journal of Applied Animal Nutrition*, 4, e7.

Kamani, M.H., E,s, I., & Lorenzo, J.M. 2019. Remize, F.; Roselló-Soto, E.; Barba, F.J.; Clark, J.H.; Khaneghah, A.M. Advances in plant materials, food by-products, and algae conversion into biofuels: Use of environmentally friendly technologies. *Green Chem.* 21, 3213–3231.

Kholif A.E., Abdo M.M., Anele U.Y., El-Sayed M.M., & Morsy T.A. (2017 a). *Saccharomyces cerevisiae* does not work synergistically with exogenous enzymes to enhance feed utilization, ruminal fermentation and lactational performance of Nubian goats. *Livest. Sci.*, 206, 17–23.

Kholif A.E., Hamdon H.A., Kassab A.Y., Farahat E.S.A., Azzaz H.H., Matloup O.H., Mohamed A.G., & Anele U.Y. (2020). *Chlorella vulgaris* microalgae and/or copper supplementation enhanced feed intake, nutrient digestibility, ruminal fermentation, blood metabolites and lactational performance of Boer goat. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.)*, 104, 1595–1605.

Kovač, D. J., Simeunović, J. B., Babić, O. B., & Mišan, A. Č. (2013). Algae in food and feed. *Food and Feed Research*, 40(1), 21-32.

Lamminen, M., Halmemies-Beauchet-Filleau, A., Kokkonen, T., Simpura, I., Jaakkola, S., & Vanhatalo, A. (2017). Comparison of microalgae and rapeseed meal as supplementary protein in the grass silage based nutrition of dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 234, 295–311.

Lamminen, M., Halmemies-Beauchet-Filleau, A., Kokkonen, T., Vanhatalo, A., & Jaakkola, S. 2019. The effect of partial substitution of rapeseed meal and faba beans by *Spirulina platensis* microalgae on milk production, nitrogen utilization and amino acid metabolism of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 102, 7102–117.

Lardon, L., He´lias, A., Sialve, B., Steyer, J., & Bernard, O. (2009). Life-cycle assessment of biodiesel production from microalgae. *Environ. Sci. Technol.* 43, 6475–6481.

Lee, T. L. C., & Marino, G. E. G. (2010). Microalgae for “Healthy” foods-possibilities and challenges. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9, 655-675.

Lemahieu, C., Bruneel, C., Termote-Verhalle, R., Muylaert, K., Buyse, J., & Foubert, I. (2013). Impact of feed supplementation with different omega-3 rich microalgae species on enrichment of eggs of laying hens. *Food Chemistry*, 141(4), 4051-4059.

Lipstein, B. & Hurwitz, S. (1981) The nutritional value of sewage-grown, alum-flocculated *Micractinium* algae in broiler and layer diets. *Poultry Science* 60, 2628-2638.

Madeira, M.S., Cardoso, C., Lopes, P.A., Coelho, D., Afonso, C., Bandarra, N.M., & Prates, J.A.M. (2017). Microalgae as feed

ingredients for livestock production and meat quality: A review. *Livest. Sci.*, 205, 111–121.

Malcata, F. X. (2011). Microalgae and biofuels: A promising partnership? *Trends in Biotechnology*, 29(11), 542–549.

Manzocchi, E., Guggenbühl, B., Kreuzer, M., Giller, K. (2020). Effects of the substitution of soybean meal by spirulina in a hay-based diet for dairy cows on milk composition and sensory perception. *Journal of Dairy Science* 103, 11349–62.

Martins, C.F., Ribeiro, D.M., Costa, M., Coelho, D., Alfaia, C.M., Lordelo, M., Almeida, A.M., Freire, J.P.B., & Prates, J.A.M. (2021). Using Microalgae as a Sustainable Feed Resource to Enhance Quality and Nutritional Value of Pork and Poultry Meat. *Foods*, 10, 2933.

Moate, P.J., Williams, S.R.O., Grainger, C., Hannah, M.C., Ponnampalam, E.N., & Eckard, R.J. (2011). Influence of cold-pressed canola, brewers grains and hominy meal as dietary supplements suitable for reducing enteric methane emissions from lactating dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 166–167, 254–264.

Moran, C., Currie, D., Keegan, J., & Knox, A. (2018). Tolerance of broilers to dietary supplementation with high levels of the DHA-rich microalga, *Aurantiochytrium limacinum*: Effects on health and productivity. *Animals*, 8, 180.

Nagarajan, D., & Lee, D.J. (2019). Chang, J.S. Biogas Upgrading by Microalgae: Strategies and Future Perspectives. In *Microalgae Biotechnology for Development of Biofuel and*

Wastewater Treatment; Alam, M., Wang, Z., Eds.; Springer: Singapore,

Nawaz, T., Rahman, A., Pan, S., Dixon, K., Petri, B., Selvaratnam, T. (2020). A review of landfill leachate treatment by microalgae: Current status and future directions. *Processes* 8, 384.

Nitsan, Z., Mokady, S., & Sukenik, A. (1999). Enrichment of poultry products with omega3 fatty acids by dietary supplementation with the alga *Nannochloropsis* and mantur oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 5127–5132.

Papadopoulos., B.G, Goulas, C., Apostolaki, E., & Abril, R. (2002). Effects of dietary supplements of algae, containing polyunsaturated fatty acids, on milk yield and the composition of milk products in dairy ewes. *J. Dairy Res.* 69, 357–365.

Patil, S., Prakash, G., & Lali, A.M. (2020). Reduced chlorophyll antenna mutants of *Chlorella saccharophila* for higher photosynthetic efficiency and biomass productivity under high light intensities. *J. Appl. Phycol.*, 32, 1559–1567.

Patras, D., Moraru, C. V., & Socaciu, C. (2019). Bioactive ingredients from microalgae: *food and feed applications*.1-9.

Plaza, M., Cifuentes, A., & Ibanez, E. (2008). In the search of new functional food ingredients from algae. *Trends in Food Science & Technology*, 19, 31–39.

Póti, P., Pajor, F., Bodnár, Á., Penksza, K., & Köles, P. 2015. Effect of micro-alga supplementation on goat and cow milk fatty acid composition. *Chilean Journal of Agricultural Research* 75, 259-263.

Priyadarshani, I., & Rath, B. (2012). Commercial and industrial applications of micro algae – A review. *Journal of Algal Biomass Utilization*, 3, 89 – 100.

Romieu, I., Tellez-Rojo, M. M., Lazo, M., Manzano-Patino, A., Cortez-Lugo, M., Julien, P., Belanger, M.C., Hernandez-Avila, M., & Holguin, F. (2005). Omega-3 fatty acid prevents heart rate variability reductions associated with particulate matter. *Am J Respir Crit Care*, 172(12),1534–1540.

Rosenberg, J. N., Oyler, G. A., Wilkinson, L., & Betenbaugh, M. J. (2008). A green light for engineered algae: Redirecting metabolism to fuel a biotechnology revolution. *Current Opinion in Biotechnology*, 19(5), 430–436.

Ross, E. & Dominy, W. (1990) The nutritional value of dehydrated, blue-green algae (*Spirulina plantensis*) for poultry. *Poultry Science*. 69, 794-800.

Ru, I.T.K., Sung, Y.Y., Jusoh, M., Wahid, M.E.A., & Nagappan, T. (2020). *Chlorella vulgaris*: a perspective on its potential for combining high biomass with high value bioproducts. *Appl. Phycol.*, 1, 2–11.

Santhakumaran, P., Ayyappan, S.M., & Ray, J.G. (2020). Nutraceutical applications of twenty-five species of rapid-growing green-microalgae as indicated by their antibacterial, antioxidant and mineral content. *Algal Res.*, 47, 101878.

Sekar, S., & Chandramohan, M. (2008). Phycobiliproteins as a commodity: Trends in applied research, patents and commercialization. *Journal of Applied Phycology*. 20(2), 113–136.

Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E., & Isambert, A. (2006). Commercial applications of microalgae. *Journal of bioscience and bioengineering*, 101(2), 87-96.

Stiles, W.A.V., Styles, D., Chapman, S.P., Esteves, S., Bywater, A., Melville, L., Silkina, A., Lupatsch, I., Fuentes, C., Lovitt, R., et al. (2018). Using microalgae in the circular economy to valorise anaerobic digestate: Challenges and opportunities. *Bioresour. Technol.* 267, 732–742.

SundarRajan, P., Gopinath, K.P., Greetham, D., & Antonysam, A.J. (2019). A review on cleaner production of biofuel feedstock from integrated CO₂ sequestration and wastewater treatment system. *J. Clean. Prod.* 210, 445–458.

Tallarico, N., Sirri, F., Meluzzi, A., Pittia, P., Parpinello, G. P., & Franchini, A. (2002). Effect of dietary vegetable lipids on functional and sensory properties of chicken eggs. *Italian Journal of Food Science*, 14, 159–166.

Tolboom, S.N., Carrillo-Nieves, D., deJesúsRostro-Alanis, M., delaCruzQuiroz, R., Barceló, D., Iqbal, H.M.N., & Parra-Saldivar, R. (2019). Algal-based removal strategies for hazardous contaminants from the environment— Areview. *Sci. Total. Environ.*, 665, 358–366.

Uguz, S., & Sozcu, A. (2023). Nutritional Value of Microalgae and Cyanobacteria Produced with Batch and Continuous Cultivation: Potential Use as Feed Material in Poultry Nutrition. *Animals*, 13, 3431.

Von Schacky, C., & Harris, W.S. (2007). Cardiovascular benefits of omega-3 fatty acids. *Cardiovasc Res* 2007, 73(2), 310–315.

Wild, K.J., Steingaß, & H., Rodehutsord, M. (2019). Variability of *in vitro* ruminal fermentation and nutritional value of cell-disrupted and nondisrupted microalgae for ruminants. *GCB Bioenergy*, 11, 345–359.

Yucetepe, A., Saroglu, O., Bildik, F., Ozcelik, B., & Daskaya-Dikmen, C. (2018). Optimisation of ultrasound-assisted extraction of protein from *Spirulina platensis* using RSM. *Czech J Food Sci*, 36(1), 98–108.

Ziolkowska, J.R. (2020). Chapter 1—Biofuels technologies: An overview of feedstocks, processes, and technologies. In *Biofuels for a More Sustainable Future*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands; Oxford, UK; Cambridge, MA, USA, pp. 1–19.

BÖLÜM II

Yemdeki Protein Kalitesinin Döl Verimi Üzerine Etkisi

Mükremin ÖLMEZ¹

Giriş

Beslenme, spermatozoa ve oosit gelişimi, yumurtlama, gebeliğin oluşması, döllenme ve embriyonun hayatta kalması süreçleri için gerekli olan besin maddelerinin yeterli ve dengeli bir şekilde sağlayarak döl verimi üzerine doğrudan etki etmektedir. Bununla birlikte üreme sisteminde görevli hormonların ve diğer metabolitlerin dolaşımdaki konsantrasyonları üzerine de etkili olduğu için dolaylı olarak da etki göstermektedir (Robinson & ark., 2006; Tamminga, 2006).

Karlı bir süt inekçiliğinin yapılabilmesinde işletmenin en önemli konulardan biri sürünün devamlılığının sağlanmasıdır. İlk

¹ Doç. Dr., Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, Kars/Türkiye, Orcid: 0000-0002-5003-3383, mukremin.olmez@hotmail.com

buzağılama yaşı, süt üretimi, buzağılama başına düzen süt miktarı, stok hayvan sayısı ve genetik kapasitenin korunması gibi konular üremenin etkinliğine bağlıdır (Bisinotto & ark., 2018).

Üreme, başarılı bir gebelik oluşmadan çok önce başlayan, metabolik ve endokrinolojik olayları içeren bir süreçtir. Süt sığırlarında yumurtlamadan önceki dönemde ilkel küçük folikül havuzundan büyük bir folikül ortaya çıkar. Bu folikül yaklaşık 40 gün içinde antral aşamaya kadar gelişir ancak yumurtlama öncesi geç aşamaya ulaşmak için 40 gün daha gerekir. Dolayısıyla folikülün gelişimi yumurtlama anından yaklaşık 80 gün önce başlamaktadır. Doğumdan sonraki ilk yumurtlama esnasında, yüksek verimli süt inekleri ciddi bir negatif enerji dengesinde olduğundan süt üretimi ile üreme süreçleri arasında çok yüksek besin rekabeti ortaya çıkmaktadır. Laktasyonun erken döneminde başarılı bir gebelik istenildiğinden dönemsel besin madde ihtiyacının karşılanması oldukça önemlidir (Robinson & ark., 2006; Staples & Thatcher, 2001). Ovulasyonla sonuçlanan foliküler gelişimden sonra başarılı bir gebeliğin oluşabilmesi için oositin döllenmesi, taşınması, gelişmesi ve anne tarafından tanınması ile embriyonun implantasyonu gibi kritik önem taşıyan bir dizi olayı olay gerçekleşmektedir. Protein metabolizması bu adımların bir veya daha fazlasında etkin rol oynamaktadır (Butler, 2005).

Süt sığırlarında üreme performansı beslenme rejimi ve diyet kompozisyonundan etkilenmektedir (Butler, 2005; Staples & Thatcher, 2001). Erken laktasyon döneminde süt ineklerinde süt verimi arttığından hayvanların enerji talebi yüksektir. Ancak bu yüksek ihtiyaç yem alımıyla karşılanabilecek durumda değildir. Hayvanlar bu ihtiyacı karşılayabilmek için vücut rezervlerini

kullanılmaktadırlar. Bu dönemdeki enerji yetersizliğine negatif enerji dengesi adı verilmektedir. Bu enerji açığının azaltılmasında ve kısa süreli etki göstermesi adına süt ineklerinde enerji kaynağı olarak yağ asitleri, glikoz ve amino asitler gibi besin maddeleri kullanılmaktadır. Bu besinler organizmanın temel metabolizmasının en etkin ürünleridir (Melendez & ark., 2003; Staples & Thatcher, 2001).

Protein ve metabolizması

Protein süt sığırı rasyonlarında maliyeti oldukça yüksek bir besin maddesidir. Son yıllarda süt ineği rasyonlarında protein maliyetini azaltırken, süt üretimini en üst düzeye çıkarmak çabası çiftliklerin yoğun mesai harcadığı bir konu olmuştur. Aşırı protein beslemek gereksiz besleme masraflarına ve dolayısıyla süt çiftliği karlılığına azalmasına neden olmaktadır. Ayrıca, yüksek azot atılımıyla çevre kirliliğine de yol açmaktadır.

Rasyondaki yüksek protein içeriği süt üretimini artırmasına rağmen, hayvanın üreme performansına olumsuz etki göstermektedir. Protein yetersizliği ise genellikle Vitamin a ve fosfor yetersizliğiyle birlikte komplike seyreden, infantile ovaryumlarının oluşmasına, pubertanın gecikmesine ve güç doğumlara yol açabilmektedir (Başalan & Şen, 2018; Ölmez & Şahin, 2021).

Laktasyondaki ineklerde rasyondaki protein değeri, hayvanın enerji durumu ve emilen amino asitlerin gereksinimi ile doğrudan ilişkilidir. Rasyon ham proteini, rumende parçalanabilen protein (RDP) ve rumende parçalanamayan protein (RUP) içermektedir. Normal rumen fermentasyonu yoluyla RDP, mikrobiyal protein sentezi için bir amonyak kaynağı olarak görülmektedir. Amonyanın

bir kısmı rumenden kana geçer ve karaciğerde üreye dönüştürülerek detoksifiye edilir. Rumende üretilen amonyak ve üreye dönüştürülmek üzere karaciğere geçen amonyak hem rasyondaki RDP'yi hem de mikrobiyal gelişmeyi desteklemekle birlikte protein sentezine kaynak oluşturmak için için rumende fermente edilebilir (Butler, 2005; Robinson & ark., 2006).

Karaciğەر tarafından üretilen ikinci bir üre kaynağı, amino asitlerin deaminasyonu ve metabolizmasıdır. Dolaşımdaki amino asitler, mikrobiyal protein, RUP ve vücut protein depolarından oluşmaktadır. Süt proteinini sentezinde kullanılmak üzere alınmayan amino asitler karaciğەر tarafından deamine edilerek enerji substratları ve üre elde edilir. Her ne kadar RDP ve RUP'u dengeleyerek amonyak ve üre üretimi en aza indirilebilse de süt üretimini desteklemek amacıyla yüksek kuru madde tüketimi ve rumen mikrobiyal protein üretimindeki değışkenlik, amino asitlerin varlığının doğru tahmin edilmesini oldukça zorlaştırmaktadır. Sonuç olarak, yüksek verimli ineklerin çoğu, ihtiyaçların üzerinde protein tüketir ve kan üre konsantrasyonları artar. Kan dolaşımındaki üre, plazma veya serumda üre nitrojeni olarak ölçülür ve genellikle kan üre nitrojeni (BUN) olarak adlandırılır. Tipik olarak BUN, RDP katabolizması nedeniyle yemlemeyle birlikte yaklaşık 4 ile 6 saat sonra zirveye ulaşırken, RUP metabolizması gün boyunca sürekli olarak BUN'a katkıda bulunur. Üre, meme bezindeki kandan süte kolaylıkla geçer. Süt re nitrojeni (MUN) seviyesinin ölçülmesi, laktasyondaki hayvanlarda BUN'un ve genel protein metabolizmasının izlenmesi için hızlı, noninvaziv bir yöntemdir (Hammon, Holyoak, & Dhiman, 2005; Kenny & ark., 2002).

Plazma üre nitrojeni (PUN) veya MUN ölçümleri rasyon protein metabolizması ile üreme etkinliği arasındaki ilişkiyi incelemek için yararlı bir indeks sağlamaktadır. Pek çok araştırmada artan PUN veya MUN konsantrasyonlarının hem kapalı ahırda bakılan sürülerde hem de otlayan sürülerdeki süt ineklerinde doğurganlığın azalması ile ilişkilendirildiği belirtilmiştir (Butler, 2005; De Wit, Cesar, & Kruip, 2001; Westwood, Lean, & Kellaway, 1998). Butler, Calaman, and Beam (1996), PUN veya MUN >19 mg/dL olduğunda gebelik oranlarının yaklaşık %20 azaldığını bildirmişlerdir. Yine Rajala-Schultz & ark. (2001), daha yüksek MUN düzeyinin (>15,4 mg/dl) gebelik oranının daha da azaldığını ileri sürmüşlerdir.

Hammon, Holyoak, and Dhiman (2005), erken laktasyondaki ineklerden östrus siklusunun 7. gününde yumurtalık foliküler sıvısı toplamışlardır. Bu çalışmada inekler PUN konsantrasyonlarına göre iki gruba ayrılmıştır (≥ 20 ve < 20 mg/dL). Araştırmacılar yüksek PUN'lu ineklerin foliküler sıvısında hem ürenin hem de amonyak konsantrasyonunun daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Yine yüksek amonyak içeren rasyonlarla beslenen düvelerden toplanan oositlerde, düşük amonyak içeren rasyonlarla beslenen düvelere kıyasla daha düşük bölünme oranları tespit etmişlerdir.

Gebeliğin erken döneminde embriyonun sağlıklı gelişimi uterus ortamına bağlıdır. Uterusun luminal ortamı dinamiktir ve yumurtalık steroid regülasyonu nedeniyle östrus döngüsü boyunca farklı salgılar salgılamaktadır. Gebeliğin erken döneminde blastosistten gelen lokal sinyaller ortamı daha da değiştirir ve uterus epiteli tarafından spesifik proteinlerin salgılanmasına neden olur (Butler, 2005). Araştırmacılar rasyondaki yüksek ham proteininin

uterus luminal pH'sı üzerindeki farklı etkilerini östrus döngüsü boyunca gözlemlemiştir. Uterus pH'sının 6,8'den kızgınlık döngüsünün 7. gününde (luteal faz) 7,1'e yükseldiğini bildirmişlerdir. Ancak bu artışın aşırı RDP veya RUP içerikli rasyonla beslenen düvelerde ve laktasyondaki ineklerde meydana gelmediğini de bildirmişlerdir (Elrod & Butler, 1993). Jordan & ark. (1983), yüksek verimli süt ineklerinde rasyon ham proteininin uterus salgılarının bileşenleri üzerindeki etkilerini östrus döngüsünün çeşitli aşamalarında incelemiştir. %23 ham protein (HP) ile beslenen ineklerde uterus sıvısındaki BUN ve ürenin, %12 HP ile beslenen ineklere göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Yüksek protein alımının uterus sekresyonlarındaki mineral konsantrasyonlarını değiştirdiğini ancak bu durumun kızgınlık döneminde değil yalnızca luteal fazda gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Aynı zamanda yüksek proteinli rasyon erken embriyonik dönemde plazma progesteron seviyesini azaltmakta ve yavrunun yaşamını tehdit etmektedir. BUN seviyesindeki artışın uterus pH'ını arttırarak embriyo üzerine toksik etki gösterdiği de bilinmektedir (Ölmez & Şahin, 2021).

Sonuç

Rasyon protein düzeyi; uterus involüsyonunu, gamet üretimini, embriyo gelişimini ve implantasyonunu kontrol eden karmaşık hücresel ve moleküler olaylara kadar etkili olmaktadır. Süt veriminin yüksek tutulmasının yanı sıra döl verimi kayıplarının azaltılması için özellikle kuru dönemden başlamak kaydıyla tam rasyonunun yeterli ve dengeli besin madde içeriğine sahip olması gerekmektedir. Bunun sağlanması için de öncelikle süt sığırı

işletmelerinde kontrollü bir rasyon program uygulanması ve takip edilmesi gerekmektedir.

KAYNAKÇA

Başalan, M., & Şen, G. (2018). Süt İneklerinde Beslenmenin Döl Verimine Etkisi. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 58(3), 7-14.

Bisinotto, R., Greco, L., Ribeiro, E., Martinez, N., Lima, F., Staples, C., Thatcher, W., & Santos, J. (2018). Influences of nutrition and metabolism on fertility of dairy cows. *Animal Reproduction (AR)*, 9(3), 260-272.

Butler, W. (2005). Relationships of dietary protein and fertility. *Advances in dairy technology*, 17, 159-168.

Butler, W., Calaman, J., & Beam, S. (1996). Plasma and milk urea nitrogen in relation to pregnancy rate in lactating dairy cattle. *Journal of animal science*, 74(4), 858-865.

De Wit, A., Cesar, M., & Kruip, T. (2001). Effect of urea during in vitro maturation on nuclear maturation and embryo development of bovine cumulus-oocyte-complexes. *Journal of Dairy Science*, 84(8), 1800-1804.

Elrod, C., & Butler, W. (1993). Reduction of fertility and alteration of uterine pH in heifers fed excess ruminally degradable protein. *Journal of animal science*, 71(3), 694-701.

Hammon, D., Holyoak, G., & Dhiman, T. (2005). Association between blood plasma urea nitrogen levels and reproductive fluid urea nitrogen and ammonia concentrations in early lactation dairy cows. *Animal reproduction science*, 86(3-4), 195-204.

Jordan, E. R., Chapman, T. E., Holtan, D. W., & Swanson, L. V. (1983). Relationship of dietary crude protein to composition of

uterine secretions and blood in high-producing postpartum dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 66(9), 1854-1862.

Kenny, D., Boland, M., Diskin, M., & Sreenan, J. (2002). Effect of rumen degradable protein with or without fermentable carbohydrate supplementation on blood metabolites and embryo survival in cattle. *Animal Science*, 74(3), 529-537.

Melendez, P., Donovan, A., Hernandez, J., Bartolome, J., Risco, C. A., Staples, C., & Thatcher, W. W. (2003). Milk, plasma, and blood urea nitrogen concentrations, dietary protein, and fertility in dairy cattle. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 223(5), 628-634.

Ölmez, M., & Şahin, T. (2021). İneklerde Embriyonik Ölümelerde Beslenmenin Rolü. In P. Demir & M. Kuru (Eds.), *Tüm Yönleriyle İneklerde Embriyonik Ölüm ve Abortus* (Vol. 1, pp. 55-64). Ankara: Akademisyen Kitabevi.

Rajala-Schultz, P., Saville, W., Frazer, G., & Wittum, T. (2001). Association between milk urea nitrogen and fertility in Ohio dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 84(2), 482-489.

Robinson, J., Ashworth, C., Rooke, J., Mitchell, L., & McEvoy, T. (2006). Nutrition and fertility in ruminant livestock. *Animal Feed Science and Technology*, 126(3-4), 259-276.

Staples, C. R., & Thatcher, W. W. (2001). *Nutrient influences on reproduction of dairy cows*. Paper presented at the Mid-South Ruminant Nutrition Conference.

Tamminga, S. (2006). The effect of the supply of rumen degradable protein and metabolisable protein on negative energy

balance and fertility in dairy cows. *Animal reproduction science*, 96(3-4), 227-239.

Westwood, C., Lean, I., & Kellaway, R. (1998). Indications and implications for testing of milk urea in dairy cattle: a quantitative review. Part 2. Effect of dietary protein on reproductive performance. *New Zealand Veterinary Journal*, 46(4), 123-130.

BÖLÜM III

Ruminantlarda Kullanılan Enerji Değerlendirme Sistemleri

Özlem KARADAĞOĞLU¹
Mükremin ÖLMEZ²

1.Giriş

Bir yemin enerji değeri, kullanılan değerlendirme sistemine bağlı olarak sindirilebilir enerji, metabolize edilebilir enerji veya net enerji olarak ifade edilmektedir. Sistemden bağımsız olarak, yemdeki organik bileşenlerin sindirilebilirliği, enerji değerinin tahmin edilmesinde ilk adımdır ve yem maddelerinin enerji değerinin belirlenmesinde açık ara en önemli faktördür (Madsen, Hvelplund, & Weisbjerg, 1997).

¹ Doç. Dr., Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları anabilim Dalı, Kars/Türkiye, Orcid: 0000-0002-5917-9565, drozlemkaya@hotmail.com

² Doç. Dr., Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları anabilim Dalı, Kars/Türkiye, Orcid: 0000-0002-5003-3383, mukremin.olmez@hotmail.com

2. Ruminantlarda kullanılan enerji birimleri

2.1. Toplam sindirilebilir besin maddeleri (TSBM)

Toplam sindirilebilir besin maddesi (TSBM) değerleri, yem maddelerinin kullanılabilir enerji içeriğini ifade etmektedir ve hayvanlara yeterli enerji arzının sağlanması açısından son derece önemli değerlerdir (Jayanegara & ark., 2019).

Toplam Sindirilebilir Besin maddeleri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanabilir:

TSBM (%) = (%) Sindirilebilir ham protein + % Sindirilebilir ham lif + % Sindirilebilir nitrojensiz öz madde + [% Sindirilebilir eter ekstraktı x 2,25]

Sindirilebilir yağ, yağ karbonhidrat ve proteinden 2,25 kat daha fazla enerji içerdiğinden 2,25 ile çarpılmıştır.

Nitrojensiz öz madde, ham protein, eter ekstraktı, ham lif ve mineral madde yüzdesinin bir araya toplanması ve ardından toplamın 100'den çıkarılmasıyla hesaplanmıştır.

$$NÖM(\%) = 100 - [\%Ham\ protein + \%eter\ ekstrakt + \%Ham\ lif + \%mineral\ madde]$$
 (Singh & Sumeriya, 2012)

TSBM değeri ne kadar büyük olursa, yem maddesinin enerjice o kadar yoğun olduğu anlaşılmaktadır. Düşük kaliteli kuru otlar %40-50 TSBM'ye sahipken, yüksek kaliteli kuru otlar %50-60 TSBM değerlerine sahiptir. Bazı durumlarda, bazı kuru ot ve baklagillerde bu oran %60-70 düzeyinde olabilmektedir (Budak & Budak, 2014).

Avantajları; TSBM, görünür Sindirilebilir enerji (SE)'nin bir ölçüsüdür ancak SE başına enerji yerine ağırlık birimi veya % olarak

ifade edilmektedir. Yemin SE içeriğinin göreceli bir ölçüsüdür. Sindirilebilir enerji, yemin ve dışkının brüt enerjisini ölçmek için bir bomba kalorimetresi kullanılarak kolayca belirlenebilir. Yem maddelerinin TSBM içeriğini belirlemek kolaydır ve kimyasal analiz gerektirmez (Kaya, 2008).

Dezavantajları; TSBM ile ilgili en önemli sorun, başta ısı artışı olmak üzere ek enerji kayıplarını ve bir dereceye kadar gaz kayıplarını hesaba katmamasıdır. Bu nedenle TSBM, özellikle kaba yem ile konsantre yem arasındaki ısı artışında büyük farklılıklar bulunan ruminant hayvanlar için yemlerin enerji değerini doğru bir şekilde tahmin edememektedir (Galyean, 1989).

2.2. Metabolize Olabilir Enerji (ME)

ME, sindirilebilir enerji ile işkembe ve arka bağırsak mikropları tarafından salınan idrar ve metan gazı formundaki enerji kaybı arasındaki farktır. ME, geniş getiren hayvanlarda SE'nin yaklaşık %81'ini oluşturmaktadır; bu, SE'nin yaklaşık %19'unun idrar ve metan enerjisi olarak kaybolduğu anlamına gelmektedir (Budak & Budak, 2014).

2.2.1. Metabolize olabilir enerji sisteminin avantajları

İdrar ve gaz halindeki sindirim ürünlerindeki kayıplar da hesaba katıldığı için ME daha doğru bir ölçümü temsil etmektedir. ME, TSBM veya SE'ye göre daha tatmin edici bir besin değeri ölçümü sağlar. ME, NE değerlerine göre daha ucuz ve elde edilmesi daha kolaydır. ME'den yararlanmanın etkinliği, beslenme amacını, beslenme düzeyini ve rasyonun kalori yoğunluğunu dikkate alır (Galyean, 1989).

2.2.2. Eski net enerji sistemi

Avrupa ve ABD'de bazı kişiler tarafından Isı enerjisi ve net enerji dengesini ölçmek için kalorimetre kullanılması, 1900'lerin başında iki net enerji sisteminin geliştirilmesine yol açmıştır. Kellner'in Avrupa'da yaygın olarak kullanılan nişasta eşdeğeri sistemi ve ABD'de kullanılan Armsby'nin tahmini NE sistemi, TSBM sistemine ek olarak sınırlı bir kullanıma sahip olmuştur. Ancak bu sistemlerin her ikisi de deneysel ölçümlerden oluşan sınırlı bir veri tabanına dayanmaktadır. TSBM ve Nişasta Eşdeğeri sistemlerinin sınırlamaları ve veri tabanlarının yetersizliği, 1950'lerin sonlarında başlayan hayvan kalorimetresi çalışmalarındaki patlamaya dayanan ve günümüzde kullanılan NE sistemlerinin geliştirilmesine yol açmıştır (Reynolds, 2000).

2.2.3. Net enerji sistemi

Net enerji; dışkı, idrar, metan ve ısı olarak kaybedilen enerjiyi hesaba kattığı için hayvanların tepkilerini tanımlarken kesinlikle tarafsızdır. Bu nedenle net enerji kavramı teorik olarak çiftlik hayvanlarının rasyon formülasyonunda kullanılacak en kesin sistem olarak kabul edilmiştir (Moe & Tyrrell, 1973).

SE'nin ME'ye dönüşümünde NRC (2001)'nin önerdiği $ME = 0,82 \times SE$ kullanılabilir.

$NE_m (\text{Mcal/Kg KM}) = 1.37 \times ME - 0.138 \times ME^2 + 0.0105 \times ME^3 - 1.12$ (Nem: Net enerji yaşama payı)

$NE_g (\text{Mcal/Kg KM}) = 1.42 \times ME - 0.174 \times ME^2 + 0.0122 \times ME^3 - 1.65$ (Garrett, 1981) (NEg=Net enerji, canlı ağırlık kazancı)

2.4. Kellner'in nişasta eşdeğeri

Kellner tarafından 1907 yılında Almanya'da geliştirilen klasik yöntem net enerji sistemidir. Kellner, yem maddesinin enerji değerini, saf nişastaya göre yağ üretme kabiliyetine göre ifade etmiştir. Kellner'in sistemi karbon azot dengesinin solunum deneyleri ile belirlenmesine dayanmaktadır

SE, ilgili yemin 100 kg'ına eşit miktarda yağ üreten kg nişasta sayısı olarak tanımlanır.

$$SE = (\text{Birim yem başına depolanan yağın ağırlığı} / \text{Birim nişasta ağırlığı başına depolanan yağın ağırlığı}) \times 100.$$

Buğday kepeğinin SE'sinin 45 olduğunu söylediğimizde, 100 kg buğday kepeğinin yaşama payı rasyonuna ek olarak verildiğinde 45 kg saf nişasta kadar hayvansal yağ üretebileceği veya başka bir deyişle 100 kg buğday kepeğinin 45 kg nişasta kadar net/üretken enerji içerdiği anlamına gelmektedir.

Kellner, yem maddelerinin yakın bileşenlerine özgü izole edilmiş besin maddelerinin gerçek yağ üretme gücünü belirlemiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Kellner'e göre besin maddelerinin yağ üretme gücü

Sindirilebilir Besin Maddeleri	Nişasta Eş Değeri Faktörü	Depo edilen yağ (g)
Nişasta	250/250	=1,0
Ham Lif	250/250	=1,0
Eter ekstrat		
Yağlı tohumlardan	600/250	=2,4
Tahıl danelerinden	525/250	=2,1
Kaba yemlerden	474/250	=1,9
Protein	235/250	=0,9

Sindirilebilir besinlerin yüzdeleri ilgili nişasta eşdeğer faktörleriyle çarpılır. Bu ürünlerin aritmetik toplamına üretim değeri/nişasta değeri denir. Hesaplanan üretim değerleri gerçek değerlerden farklı olduğu için Kellner konsantre yemler için altın sayı olarak adlandırılan bir standart ve kaba yemler için düzeltme faktörü kullanmıştır.

Konsantre Yemler – Altın Sayı (0.95):

Konsantre yemler için gerçek nişasta değeri, üretim değerinden 'altın sayı' veya 'değer sayısı' ile çarpılarak elde edilmektedir. Değer numarası, bir yemin nişasta değeri ile yemin içerdiği saf besin öğelerinin nişasta değeri arasındaki oranı ifade etmektedir.

Konsantre yemlerin gerçek SE'si= Hesaplanan üretim değeri x 0,95 Altın sayı

Kaba Yemler (Düzeltilme faktörü)

Kaba yemin üretim değeri, kaba yemde bulunan her yüzde 1 ham lif için 0,58 birim azalacaktır.

Kaba yemlerin gerçek SE'si=Hesaplanan üretim değeri X (%HL x 0.58) Düzeltme faktörü

Yem maddelerinin SE'lerinin hesaplanması

Aşağıdaki veriler için arpanın Nişasta Eşdeğerinin hesaplanması (Arpanın değer numarası 98).

100 kg'da ancak 7,6 kg SHP (Sindirilebilir ham protein), 1,2 kg SEE (Sindirilebilir eter ekstrakt), 60,9 kg SNÖM (Sindirilebilir nitrojensiz öz madde) ve 2-5 kg SHL (Sindirilebilir ham yağ) bulunmaktadır.

Çözüm

Besleme	%Faktör	SE
SHP	7,6x0,94	7,14
SEE	1,2x2,10	2,52
SNÖM	60,9x1,00	60,90
SHL	2,5x1,00	2,50

Hesaplanan SE = 73,06

Arpanın değer numarası =98

Arpanın düzeltilmiş SE'si = 73,07x98/100=71,60

2.5. İskandinav yem birimi

İskandinav yem birimi 1 kg konsantre yemin bir yem birimi olarak adlandırıldığı yaklaşık 1880 yılında Danimarka'da ortaya çıkmıştır. O zamanki konsantre yem, tahılların (yulaf ve arpa) bir

karışımıyken daha sonra (1915-16) İskandinav ülkeleri, birim için temel olarak 1 kg arpa kullanmayı kabul etmiştir. Niels Johannes Fjord ve Nils Hansson sayesinde İskandinav Yem Birimi daha da geliştirilmiştir ve çeşitli yem maddelerinin ikame değerini belirlemek için birçok besleme deneyi yapılmıştır (Sundstøl, 1993).

2.6. Klasik sindirim denemeleri

Bir yemin sindirilebilirliğini ölçmenin en güvenilir yöntemidir. Ancak biraz zaman alıcı, zahmetli ve maliyetli bir metottur. Temel olarak söz konusu yem, bilinen miktarlarda bir hayvana yedirilmektedir.

Dışkının niceliksel olarak toplanabilmesi için hayvanlar genellikle ayrı bir kafeste tutulmaktadır. Yem tüketimi, reddi ve dışkı çıkışının doğru kayıtları alınmakta ve her birinin bir alt örneği (dışkı durumunda genellikle günlük çıkışın %10'u) analiz için saklanmaktadır. Yem başına en az üç hayvan gerekmektedir. Hayvanların yeme alışmaları için genellikle 7 ila 21 gün arası süre tanındıktan sonra toplama işlemine geçilmektedir. Numuneler daha sonra kurutulup, öğütülebilmekte ve ilgili besin maddeleri açısından analiz edilebilmektedir. Herhangi bir besin maddesinin sindirilebilirliği ise şu şekilde hesaplanmaktadır:

Sindirilebilirlik(%)= (Tüketilen besin maddesi miktarı- dışkıdaki besin maddesi miktarı)/(tüketilen besin maddesi miktarı)×100 (Ergün & ark., 2001)

2.7. İn-vitro Teknikler

2.7.1. Tilley-Terry Yöntemi

Tilley ve Terry tarafından keşfedilen bu yöntem, iki aşamalı in vitro metot olarak da bilinmektedir. İlk aşamada, hayvandan elde

edilen rumen sıvısı süzülerek ayrılmakta ve ardından yem örneği rumen sıvısı ve tampon çözeltileri kullanılarak anaerobik koşullarda 48 saat boyunca fermentasyona tabi tutulmaktadır. Fermentasyon süresi sonunda işlemin durdurulması ve örneğin, santrifüj edilerek ayrılmasıyla, ilk aşama sonlanmaktadır. Santrifüj işleminden sonra kalan kalıntıların, asit-pepsin ile 48 saat boyunca (pH=2) sindirime tabi tutulmasıyla da ikinci aşama tamamlanmaktadır. Bu ikinci aşama sonucunda yemin sindirilebilirliği değerlendirilmektedir (Ergün & ark., 2001).

2.7.2. Gaz üretim yöntemi

Yem maddelerinin in vivo fermentasyonunu simüle ederek in vivo sindirilebilirliği tahmin etmek için geliştirilmiştir. Farklı gaz üretim tekniği ve onun varyantları, sindirilebilirlik ve parçalanabilirlik tekniklerinden daha üstündür çünkü bunlar, varsayılan hayvanda ve laboratuvar koşullarında yem fermentasyonunun dinamikleri hakkında bilgi sağlarken, çözünür ve çözünmeyen yem fraksiyonlarından gelen katkıları da hesaba katmaktadır. Bununla birlikte, besin değerinin bir indeksi olarak gaz üretim tekniğinin kullanılması, toplam gaz üretiminin numune boyutuna, numune formuna ve fermentasyonun son ürünlerinin bileşimine bağlı olması nedeniyle hassastır (Tilley & Terry, 1963).

Bir kaba yemin enerji değeri, ham protein (HP) ve ham yağın (HY) tamamlayıcı analizleri ile 24 saatlik inkübasyonda üretilen gaz miktarından hesaplanabilir. Bu yaklaşım, Hohenheim'daki (Almanya) araştırma grubu tarafından geliştirilmiştir ve gerçek enerji değeri geniş getiren hayvanlarda belirlenen yemlerin kapsamlı in vitro inkübasyonuna dayanmaktadır (Kh, 1988). Orijinal denklem enerji değerini MJ/kg cinsinden ME (metabolize edilebilir enerji)

olarak hesaplamasına rağmen, ticari kullanım için NE1'e (Mcal/lb) cinsinden geliştirilen şekli aşağıda verilmiştir (Robinson & Getachew, 2002)

$$\text{NEI (Mcal/lb)} = (2.20 + (.0272 \cdot \text{Gas}) + (.057 \cdot \text{HP}) + (.149 \cdot \text{HL})) / 14.64 \text{ (Robinson \& Getachew, 2002)}$$

KM: Kuru madde

Gas: 24 saatlik net gaz üretimidir (ml/gKM)

HP: Ham Protein (KM'nin %'si)

HL: Ham lif (KM'nin yüzdesi)

2.7.3. Enzimatik Yöntem

Enzimlerin rumen sıvısına alternatif olarak kullanılması, fistüle edilmiş hayvanlara ve anaerobik prosedürlere olan ihtiyacın üstesinden gelme, analitik metodolojiyi basitleştirme ve aşının aktivitesindeki değişkenliği ortadan kaldırma gibi avantajlara sahiptir. (Givens, Owen, Axford, & Omed, 2000; Nocek, 1988) Enzim aktiviteleri ruminanttaki sindirim sürecini yansıtmalıdır. Yapısal karbonhidratları sindirebilen hücre duvarı parçalayıcı enzimler, yemlerin sindirilebilirliğini tahmin etmek için kullanılmıştır. Çoğu durumda bu enzimler ticari olup aerobik mantarlardan elde edilmiştir. Özellikle, Trichoderma türlerinden elde edilen ham selülozların genellikle en güvenilir fibrolitik enzim kaynakları olduğu bulunmuştur (Givens & ark., 2000).

2.8. İn-Situ Yöntemler

2.8.1. Naylon torba tekniği

Ruminal parçalanabilirliğin in sacco veya in situ olarak belirlenmesine yönelik geleneksel teknik, ruminant hayvanların

retikülörumenindeki yem maddelerinin mikrobiyal sindirim sürecini değerlendirmek için kullanılan hayvan bazlı bir biyolojik testtir (Wood & Badve, 2001).

3. Sonuç

Ruminant hayvanlarda enerji miktarının belirlenmesinde yeni ve geliştirilmiş teknikler sayesinde hem sindirim sisteminde hem de vücutta çeşitli metabolik süreçlere ilişkin enerji seviyesinin tespiti geçmiş yıllara göre çok daha büyük bir ölçüde nicel olarak ilerlemektedir.

Ruminantlar için bazı mevcut enerji değerlendirme sistemleri incelendiğinde, Net Enerji laktasyonunun (NEI) ve İskandinav yem biriminin tahmin edilen ve gözlemlenen süt veriminin belirlenmesinde en etkin sonucu verdiği gözlemlenmiştir. Tüm sistemlerin görünüşte eksiklikleri olmasına rağmen, ruminantlar için hala bir enerji değerlendirme sistemine ihtiyaç olduğu, rasyon formülasyonu ve optimizasyonu için yemlerin besin madde içeriklerinin daha fazla önem kazanacağı öngörülmektedir.

Kaynaklar

Budak, F., & Budak, F. (2014). Yem bitkilerinde kalite ve yem bitkileri kalitesini etkileyen faktörler. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*(1), 1-6.

Ergün, A., Tuncer, Ş., Çolpan, İ., Yalçın, S., Yıldız, G., Küçükersan, M., Küçükersan, S., Şehu, A., & Saçaklı, P. (2001). *Hayvan besleme ve beslenme hastalıkları*. Ankara: Medipress.

Galyean, M. (1989). Laboratory procedure in animal nutrition research. *Department of Animal and Range Sciences, New Mexico State University*.

Garrett, W. (1981). Energy utilization by growing cattle as determined in 72 comparative slaughter experiments. *Agricultural and Food Sciences*. doi:10.1016/B978-0-408-10641-2.50006-9

Givens, D. I., Owen, E., Axford, R., & Omed, H. (2000). *Forage evaluation in ruminant nutrition*. CABI publishing.

Jayanegara, A., Ridla, M., Nahrowi, & Laconi, E. (2019). *Estimation and validation of total digestible nutrient values of forage and concentrate feedstuffs*. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.

Kaya, Ş. (2008). Kaba yemlerin değerlendirilmesinde göreceli yem değeri ve göreceli kaba yem kalite indeksi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*(1), 59-64.

Kh, M. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Anim Res Dev*, 28, 7-55.

Madsen, J., Hvelplund, T., & Weisbjerg, M. R. (1997). Appropriate methods for the evaluation of tropical feeds for ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 69(1-3), 53-66.

Moe, P., & Tyrrell, H. (1973). The rationale of various energy systems for ruminants. *Journal of Animal Science*, 37(1), 183-189.

NRC. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle: 2001*. Washington: National Academies Press.

Reynolds, C. (2000). Forage evaluation using measurements of energy metabolism E. Owen, R. Axford, & H. Omed (Ed.), *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*. Reading: CAB International.

Robinson, P., & Getachew, G. (2002). *A practical gas production technique to determine the nutritive value of forages: the UC Davis approach*. California: Davis Cooperative Extension.

Singh, P., & Sumeriya, H. (2012). Effect of nitrogen on yield, economics and quality of fodder sorghum genotypes. *Annals of plant and soil Research*, 14(2), 133-135.

Sundstøl, F. (1993). Energy systems for ruminants. *Icelandic Agricultural Science*, 7, 11-19.

Tilley, J., & Terry, d. R. (1963). A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Grass and forage science*, 18(2), 104-111.

Wood, C., & Badve, V. (2001). Recent developments in laboratory methods for the assessment of ruminant feeds. *BAIF Development Research Foundation, Pune, India and Natural Resources Institute, Catham, Kent (Science Booklet)*.

BÖLÜM IV

Kedi ve Köpek Diyetlerinde Yem Katkı Maddelerinin Kullanımı

Özlem KARADAĞOĞLU¹

Giriş

Yıllar ilerledikçe evcil hayvanlar aile hayatının bir parçası haline gelerek insanoğlu ile daha da yakınlaşmıştır. Evcil hayvanlar arasında en çok öne çıkanlar ise sahipleriyle daha fazla etkileşim sağladıklarından kedi ve köpeklerdir. Evcil hayvanların, özellikle kedi ve köpeklerin sayısı oldukça fazladır. Evcil hayvan sayısının giderek artması, evcil hayvanlara ilişkin ticaretinde giderek gelişmesine sebep olmuştur. Bu pazarda kuru mamalar, beslemenin en kolay yolu olması, hazırlık gerektirmemesi, sadece temin edilmesi ve hayvanın yaşamını farklı evrelerde sürdürebilmesi için gereken tüm besin ihtiyaçlarını karşılaması nedeniyle en çok öne

¹ Doç.Dr., Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları AD, Kars/Türkiye, Orcid: [000-0002-5917-9565](https://orcid.org/000-0002-5917-9565), drozlemkaya@hotmail.com

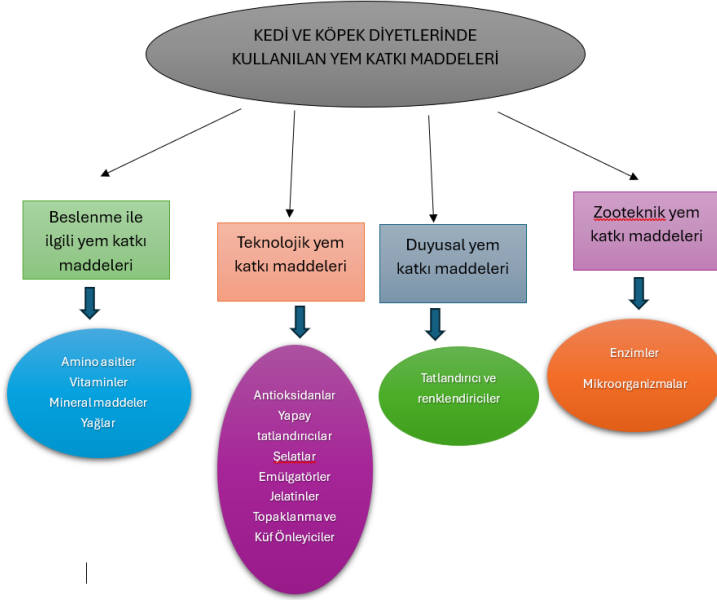
çıkan sektördür. Kedi ve köpeklerin artık evlerde beslenmesi ile birlikte endüstri, hayvanların besin ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla, yemin sanayileşme sürecinde eklenen katkı maddeleri ile elde edilen, her hayvanın özel ihtiyaçlarına uygun bileşime sahip yem üretimini desteklemeye başlamıştır. Hayvanların sağlığını iyileştirmek, yemi korumak, görünümü, lezzeti iyileştirmek ve tedavi edici ve işlevsel bir rol oynamak amacıyla başka bileşenler de kedi ve köpek mamalarına eklenebilmektedir.

Yem katkı maddeleri yemlere katıldıklarında yemlerin özelliklerini ve hayvanların üretimini etkileyen maddelerdir. Bu maddeler hayvan yemlerine katıldığında hayvansal üretimi artıran, sindirim sistemi mikroflorasını iyileştiren, yemdeki besin madde miktarını artıran ve yemlerin korunmasına katkı sağlayan maddelerdir. Yem katkı maddelerinin, insan ve hayvanlarda kansere yol açmaması, toksik sınırının belirtilmesi, miktarlarını saptayacak tayin metotlarının belirtilmesi, çevreyi kirletmemeli, hayvanlarda performans artırıcı olarak kullanıldığından bunu ekonomik bir şekilde yapmalıdır. (Hutjens, 1991). Yem katkı maddeleri doğal ve sentetik katkı maddeleri olarak sınıflandırılır. (Pandey, Kumar & Saxena, 2019) Yem katkı maddelerinin seçimi, kedi ve köpeklerin vücut kondisyonu, sinyalizasyon, yaşam evresi ve yaşam alanına bağlı olan vücutlarının beslenme gereksinimlerine bağlıdır. (Ardente, 2023) Beslenme gereksinimleri kedi ve köpeklerin vücut tipine ve hayvanın fonksiyonlarına bağlıdır. Beslenme gereksinimleri, bir köpeğin omnivor, kedinin ise etobur olduğu görüşüyle ilişkilidir. Kedilerin yüksek azot gereksinimleri göz önüne alındığında yüksek protein gereksinimleri vardır. Bir hayvanın yemeyi bırakması durumunda vücutta negatif enerji dengesini

önlemek için besin profilini tamamlamak beslenme uzmanlarının sorumluluğundadır. Ticari olarak satılan yemlerin çoğu, gerekli besin maddelerinin yeterli miktarını sağlamaktadır (Muquadas & ark., 2024).

Kedi ve Köpeklerin Diyetlerinde Kullanılan Katkı Maddeleri

Katkı maddeleri, gıdanın görünümünü (duyusal) ve raf ömrünü (teknolojik) iyileştirmek, besin öğelerini desteklemek (besinsel) veya hayvan sağlığını iyileştirmek (hayvancılık) gibi belirli hedeflerle diyetle küçük miktarlarda eklenen maddeler veya mikroorganizmalardır. Evcil hayvan beslenmesinde kullanılan başlıca teknolojik katkı maddeleri küf önleyiciler ve antioksidanlardır. Bunlar gıda güvenliği için önemlidir ve ürünün raf ömrünü uzatır. En çok kullanılan duyusal katkı maddeleri, ekstrüde gıda tüketimini teşvik etmek için gerekli olan tatlandırıcılar ve lezzet arttırıcılar ve ticari açıdan önemli olan renklendirici maddelerdir. Beslenme ile ilgili katkı maddeleri arasında en çok kullanılanlar vitaminler, mineraller ve aminoasitlerdir. Ayrıca prebiyotikler ve probiyotikler gibi bağırsak sağlığı destekleyicileri; Yucca gibi dışkı özelliklerini iyileştiren katkı maddeleri, glukozamin ve kondroitin sülfat gibi kondroprotektif maddeleri; sodyum polifosfatlar gibi ağız sağlığı katkı maddeleri; omega-6 ve -3 yağ asitleri, β -glukanlar, E vitamini, selenyum, polifenol kaynakları ve lutein gibi immünomodulatorleri ve L-karnitin ve konjuge linoleik asid gibi kilo kontrolüne yardımcı olan katkı maddeleri de katkı maddeleri arasında yer almaktadır. Katkı maddelerinin önemine rağmen, kullanılan seviyeler, gıda işleme ve besin maddeleri arasındaki etkileşimlerine dikkat etmek gerekir.



Antioksidanlar, yemlere ve gıdalara oksitlenebilir substratlardan daha düşük konsantrasyonlarda eklendiğinde, substratların oksidasyonunu büyük ölçüde önleyen bileşiklerdir. (Mendonça & ark., 2022). Potansiyel anti-oksidatif bileşikler arasında metal şelatlar, oksijen temizleyiciler, serbest radikal temizleyiciler, peroksitlerin ve diğer reaktif oksijen türlerinin deaktivatörleri ve kötü koku veren ikincil lipid oksidasyon ürünlerinin söndürücüleri yer alır. Köpek ve kedi mamalarında kullanılan başlıca antioksidanlar sentetik olanlardır. Çünkü bunlar doğal antioksidanlara göre ısıl işleme daha dayanıklıdır ve gıda işleme ve depolama sırasında daha etkilidirler (Gross & ark., 1994). Ticari evcil hayvan mamalarında en çok kullanılan sentetik antioksidanlar BHA (bütillenmiş hidroksianisol), etokiksin, BHT (bütillenmiş hidroksitoluen) ve TBHQ'dur (terbutil hidroksikinin).

(Al-Mamary & Moussa, 2021). Doğal antioksidanlar, bitkilerden elde edilen malzemelerde doğal olarak bulunan başlıca vitaminler ve polifenolik kimyasallardır. Doğada çok sayıda antioksidan bulunmasına rağmen, bunlardan yalnızca birkaçı yem peroksidasyonunu önlemek için takviye olarak pazarlanmaktadır. Başlıca doğal antioksidanlar ise tokoferoller (α , δ ve γ), askorbik asit, karotenoidler, flavonoidler ve fenolik asittir. (Shahidi, 2000). Praktikte, birçok evcil hayvan mamasında, diyetteki lipid oksidasyonunu önlemek için sentetik antioksidanlar, vücuttaki hücre oksidatif hasarını azaltmak için ise doğal antioksidanlarla kullanılmaktadır (Jewell, Motsinger& Paetau-Robinson, 2024)

Küf Önleyiciler, evcil hayvan mamalarında küf önleyici olarak kullanılan başlıca zayıf organik asitler ve tuzları; amonyum propiyonat, kalsiyum, sodyum ve potasyum; benzoik asit, sodyum ve potasyum nitrit ve nitrat, sorbik asit, fosforik asit ve potasyum sorbattır. Bu asitler, mantar hücrelerinin sitoplazmik içeriğini asitleştirerek mantar büyümesini engellerler. Küf önleyiciler, nem kontrolü ve tahıl ve yan ürün kalitesiyle birleştirildiğinde mikotoksin üretimini azaltmak için olmazsa olmazdır. Küf önleyici içermeyen %10 nem oranına ve 0,801 su aktivitesine sahip kuru ekstrüde köpek maması, 90 günlük depolamadan sonra mantar büyümesine ve mikotoksin üretimine neden olurken, %0,065 düzeyinde amonyum propionatın diyetle eklenmesi ile mantar oluşumu engellenebilmektedir. (Brito & ark., 2013).

Duyusal katkı maddeleri, Köpek ve kedi mamalarında kullanılan başlıca duyusal katkı maddeleri lezzet arttırıcılar ve renklendirici maddelerdir. Kuru ekstrüde evcil hayvan mamalarında kullanılan bitkisel içerik ve katkı maddelerinin düşük lezzetliliği

nedeniyle, köpek ve kedilerin mama tüketimini teşvik etmek için lezzet arttırıcılarının kullanımına ihtiyaç duyulmuştur. Yapılan bir çalışmada, kedilerin yaş mamalarında bile, daha az lezzetli içeriklerin (%10 tahıl) olması ve %1 oranında lezzet arttırıcının etin %10'unun yerini alacak şekilde eklenmesinin, %100 et içeren diyetle göre daha fazla gıda alımını teşvik ettiğini gösterilmiştir. (Félix, de Lima & Silva, 2013a). Köpek ve kedi beslenmesinde kullanılan lezzet arttırıcıların çoğu, proteinleri peptitlere ve amino asitlere ayırmak için enzimatik hidroliz işlemine tabi tutulan kümes hayvanı, domuz, sığır, kuzu ve balık gibi hayvanların taze etleridir (genellikle karaciğer ve/veya diğer iç organlar, dokular ve mekanik olarak kemiklerinden ayrılmış et). Lezzet arttırıcı/tatlandırıcı olarak kullanılan diğer maddeler arasında bazı asitler (fosforik asit, özellikle kediler için), toz süt (yavru köpekler ve kediler), nükleotidler, yumurta tozu, monosodyum glutamat, şeker (köpekler için), soya sosu bulunur. Lezzet arttırıcılar sıvı (%1-4 içerik) veya toz (%0,5 ila %2,5 içerik) olabilir ve kuru ve yarı nemli ekstrüde köpek ve kedi mamalarına kaplanarak uygulanır (Félix, Oliveira & Maiorka, 2010).

Evcil hayvan maması endüstrisi tarafından kullanılan başlıca renklendirici maddeler kurkumin, karamel, klorofil, karotenoidler, ksantofiller, antosiyaninler gibi doğal maddeler ile betanin ve sentetik maddelerdir. Köpek ve kediler için boya maddelerinin potansiyel alerjenik etkisi tam olarak aydınlatılmamıştır (Felix, de Lima & Silva, 2013b).

Mineral maddeler, Kalsiyum (Ca) ve fosfor (P), evcil hayvanınızın beslenmesinde bulunması gereken iki temel mineraldir (Zafalon & ark., 2020). Ca'un birincil işlevi kemiklerin ve dişlerin

yapısını ve gücünü korumaktır. Ayrıca kas gevşetici olarak görev yapar ve nörotransmitter salınımına yardımcı olur. P ise kemik gelişimine yardımcı olur ve enerji üretimi, protein sentezi, hormon ve enzimlerin düzenlenmesinde önemlidir (Ciosek & ark., 2021). Fosfolipidlerin önemli bir bileşenidir. Ayrıca hayvanlarda metabolik işlevleri dengelemeye ve sürdürmeye yardımcı olur. Ca eksikliği osteomalazi ve raşitizm gibi birçok kemik hastalığına yol açar. Ca ve P dengesizliği çoğunlukla büyüyen hayvanları etkiler ve topallamaya, genişlemiş kostokondral bağlantılara ve nefroza neden olur. Klorür, sodyum ve potasyum ozmotik basıncın ve asit baz dengesinin düzenlenmesine yardımcı olur. Klorür ayrıca mide suyu (HCL) oluşumuna da yardımcı olur. Potasyum ve sodyum sinir uyarısının iletimini ve kas kasılmasını düzenler. Magnezyum bağışıklık sağlığını iyileştirir ve kemik oluşumunun bir bileşenidir. Ayrıca sinirlerin ve kasların işlevini düzenler. (Bijsmans, Quéau & Biourge, 2021; Muqadas & ark., 2024).

Dengeli bir şekilde hazırlanmış özel ticari yemlerle beslenen köpeklerde genellikle mineral maddeler bakımından pek bir sorunla karşılaşılmamaktadır. Ancak evlerde yemek artıkları ile tek yönlü beslenen ya da bilinçsizce yapılan mineral takviyeleri sonucunda mineral yetersizliği veya fazlalığı ile ilgili sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu amaçla yemlere kalsiyum ve fosfor, magnezyum, demir,tuz, iyot gibi mineraller katılmaktadır.

Kil (alüminyum silikatlar) çözünmeyen minerallerdir. Killer, dışkı kıvamını iyileştirir, bağırsak hareketliliğini azaltır, bağırsak mikrobiyotasının gelişimini sınırlar ve kedi ve köpeklerde dışkı kokusuna neden olan toksik maddeleri emerler (Maia & ark., 2010).

Enzimler, Hayvan yemi olarak kullanılan tarımsal-endüstriyel ve tarımsal ormancılık atıklarındaki besin maddelerinin sindirilebilirliğini ve biyoyararlanımını ekzojen enzimlerin iyileştirdiği bilinmektedir. Ayrıca ekzojen enzimler bazı anti-besinsel öğelerinin uzaklaştırılmasına yardımcı olurlar. Hayvanların diyetlerine ekzojen enzimlerin ilavesi hayvan verimi ve üretkenliğini artırmaktadır. Fibrolitik enzimler, lifli substratlara dahil edildiğinde az miktarda oligomer üreterek çözünür ve çözünmez lifleri parçalar (Spotti & Campanella, 2020). Hayvanlar doğal olarak endojen sindirim enzimlerine sahiptir, ancak bu enzimler tüm besin maddelerini tamamen parçalayamazlar. Köpek mamasında, yem katkı maddesi olarak ekzojen enzimlerin kullanımı yaygın bir uygulamadır. Yemin etkinliğini artırmak için çeşitli enzimler kullanılmaktadır. Domuz pankreas lipazı, proteazı, amilazı köpek maması endüstrisinde en sık kullanılan enzimlerdir. Köpek maması endüstrisi bunlara ek olarak ksilanazlar, fitazlar, β -glukanazlar, pektinazlar, mananazlar ve α -galaktozidazlar da kullanılmaktadır (Muqadas & ark., 2024).

Vitaminler; Evcil hayvan mamalarında kullanılan en fazla antioksidan ve immünomodülatör vitaminler E vitamini (hücre zarlarındaki başlıca antioksidan), C vitamini (tokoferoksil radikallerini azaltarak E vitaminini geri kazandırır), A vitamini, karotenoidler ve selenyumdur (glutasyon peroksidad bileşeni). Vitamin E, bir çok vücut fonksiyonunda görev alan bir biyolojik antioksidandır. Kedi- köpek diyetlerinde özellikle genç köpeklerin diyetlerinde yağ miktarı oldukça yüksek olabilmektedir. Diyetle kullanılan yem maddeleri fazla miktarda doymamış yağlar içerdiğinde ya da yemlerin uzun süre beklemesi sonucunda hem yem

de hem de diyeti tüketen köpeklerin vücutlarında önemli derecede vitamin E kaybı meydana gelir. Bu sebeple doymamış yağları yüksek oranda içeren kedi- köpek mamalarında acılaşmayı önlemek amacıyla soğuk ortamda depolama yapılmalıdır. Ayrıca E vitamini eksikliği riskine karşı bu yemlerde kilogramda 40 mg vitamin E bulunmalıdır (Jewel & ark., 2024; Beynen, 2024).

K vitamini kedi ve köpeklerin sindirim kanalında yeterince sentezlendiği için normal şartlarda diyetle belirli miktarda bulunmasına gerek duyulmaz. Ancak kan kaybına uğrayan kedi-köpekler de ve bazı parazitler inovasyonlarda bu vitamin gereksinime artmaktadır (Li& ark., 2024).

Tiyamin karbonhidrat metabolizması için önem arz etmektedir. Eksikliğinde dokularda ve kanda laktik asit ve pirüvik asit birikimi şekillenir. Diyetle ekmek, patates gibi ekstra bir karbonhidrat bulunduğunda tiyamin gereksinimini artmaktadır. Enerji ihtiyacını karşılamak için karbonhidratların yerini yağ aldığı zaman bu vitamine olan gereksinim de azalmaktadır. Ayrıca hayvan sahiplerinin yiyecekleri fazla pişirmesi de bir miktar tiyaminin yıkımlanmasına sebep olmaktadır (Markovich, Heinze & Freeman, 2013).

Niyasin, dayanıklı bir vitamin olması ve doğal gıdaların çoğunda fazlaca bulunduğu için eksikliğine pek rastlanmaz. Bununla birlikte pahalı bir katkı maddesi olmadığından hazır kedi- köpek mamalarına bol miktarda katılmaktadır. Bunların yanı sıra Vitamin B₁₂, Folik Asit, Kolin, Pantotenik asit, Vitamin C gibi vitaminlerde diyetlere katılmaktadır.

Amino asitler, taurin (β amino asit) birçok fizyolojik süreçte rol oynamaktadır. Kedilerde arginin ve taurinin de sentezi çok sınırlıdır. Evcil hayvanların, özellikle de kedilerin diyetinde etkili bir yem katkı maddesi olarak kabul edilir ve yüksek öneme sahiptir. (Che & ark., 2021). Köpeklerle karşılaştırıldığında, kediler daha fazla endojen azot kaybına ve birçok amino asit için daha yüksek diyet gereksinimlerine (örneğin, arginin, taurin, sistein ve tirozin) sahiptir ve amino asit dengesizliklerine ve antagonyzmalarına karşı daha az hassastırlar (Li & Wu, 2023). Köpeklerin karaciğerinde metiyonin sisteine ve sonra taurine parçalanır, ancak ne taurin ne de sistein metiyonine dönüştürülmez (NRC, 2006). Köpekler, diyet glutamin/glutamat ve muhtemelen diyet prolinden arjinin sentezleyebilirler. Ayrıca bağırsak-böbrek eksenini aracılığıyla arteriyel glutamin sentezleyebilmektedirler (Wu & Morris, 1998). Metiyonin genellikle et bazlı geleneksel bir diyetle beslenen kediler için en sınırlayıcı AA'dır. Evcil hayvan maması sınıfındaki hayvansal kaynaklı gıdalar, kediler ve köpekler için hem protein üreten amino asitlerin hem de taurinin mükemmel kaynaklarıdır ve onların büyümesini, gelişimini ve sağlığını optimize etmeye yardımcı olabilir (Li & Wu, 2023). L-sistein (esansiyel olmayan amino asit); hidrolize doğal keratinin, tipik olarak ördek tüyünün ürünüdür. Metiyonin ve sistein arasındaki denge korunursa, köpek ve kedi maması için tatlandırıcı katkı maddesi olarak güvenlidir (Tantamacharik & ark., 2022).

Probiyotik ve prebiyotikler, birçok probiyotik ve prebiyotik, gastrointestinal ve bağışıklık sistemi üzerinde yararlı sağlık etkilerine sahiptir. Probiyotiklerin kullanımı, patojen olmayan mikroorganizmalar lehine bağırsak mikrobiyotasının manipüle

edilmesi ve böylece konak sağlığının olumlu yönde etkilenmesi esasına dayanır. Yeterli miktarda kullanıldığında faydalı etkilerini gösterirler. Probiyotikler canlı mikroorganizmalardır. Yoğurt doğal bir probiyotik kaynağıdır. Havuç ve kuşkonmaz gibi sebzeler de iyi bir probiyotiktir. Bunlar, bağışıklığın azaldığı stresli durumlarda çok önemlidir. Prebiyotiklerin etkilerinin köpeklerde ve kedilerde lölmesi zordur ancak diyet üzerinde büyük etkisi vardır (Zha, Zhu & Chen, 2024; Wu & ark., 2024)

Yucca schidigera, *Agavaceae* familyasından, çöllerde yetişen ve Meksika'da bulunan otsu bir bitkidir. Ticari köpek ve kedi mamalarına eklenen *Yucca* özütü dışkı kokusunu azaltır. *Yucca schidigera*'nın dışkı kokusunu azaltma mekanizmaları tam olarak belirlenmemiştir ancak bitkide yüksek konsantrasyonda bulunan saponinler, glikozitler (yaklaşık %10)'den kaynaklandığı düşünölmektedir (Lowe & Kershaw,1997).

Obezite, evcil hayvanlarda giderek artan küresel bir sorundur ve diyabet, osteoartrit, kanser ve kardiyovasköler hastalıklar gibi artan ölüm ve hastalık riskleriyle ilişkilidir. Köpeklerde ve kedilerde obezite görölme sıklığının popölasyonun yaklaşık %22 ila %40'ı olduğu tahmin edilmektedir. Düşük enerjili, yüksek proteinli ve yüksek lifli diyetlerin formöle edilmesine ek olarak, yağ dokusu kaybını iyileştirmek için L-karnitin ve konjuge linoleik asit gibi katkı maddelerinin kullanılmasının aşırı kilolu ve obez köpeklerde ve kedilerde etkili olduğu görölmüştür. Omega 6 ve 3 çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA'lar) yapısal bir fonksiyona sahiptir ve hücre fonksiyonlarını düzenleyen prostaglandinler ve lökotrienler gibi eikozanoidlerin öncüsüdür. Dolayısıyla doğru omega-6/-3 oranının antiinflamatuvar, antiaritmik (kalp hastalığı olan köpek ve

kedilerde olumlu etkiler) ve immünomodülatör etkiler gösterebildiği g r lm şt r (Roush & ark., 2010). Omega 6 ve 3 takviyesinin özellikle çinko ile birlikte kullanıldığında köpeğin derisinde ve tüylerinde de belirgin etkileri vardır (Marsh & ark., 2000).

Sonuc

Evcil hayvanlar özellikle kedi ve köpekler insanların fiziksel ve ruhsal sağlığı üzerinde olumlu rol oynamaktadır. Dolayısı ile, evcil hayvanların sağlığı birincil önem kazanmıştır. Antibiyotiklerin hayvanların diyetinde yasaklanması nedeni ile hayvan yemlerinde antibiyotiklere alternatif olarak mineraller, prebiyotikler, probiyotikler ve çeşitli enzimler gibi farklı yem katkı maddeleri kullanılmaktadır. Yem katkı maddeleri, evcil hayvan mamalarının görünümünü, güvenliğini ve raf ömrünü iyileştirmek ve köpek ve kedilerin dışkı özelliklerini ve sağlığını iyileştirmek için önemli ürünlerdir. Ancak yapılan çalışmalar sonucunda bildirilen faydalı etkilerine rağmen, çelişkili sonuçlarda bulunmaktadır. Bu katkı maddelerinin evcil hayvanların diyetlerine ilave edilme düzeyleri, yem bileşenleri arasındaki etkileşimi ve vücuttaki etki şekli hakkında daha fazla araştırmanın yapılması gerekmektedir.

Kaynaklar

Al-Mamary, M. A., Moussa, Z. (2021). Antioxidant activity: The presence and impact of hydroxyl groups in small molecules of natural and synthetic origin. *Antioxidants—Benefits, sources, mechanisms of action*, 318-377.

Ardente, A. (2023). *Exotic Animal Nutrition, An Issue of Veterinary Clinics of North America*., E-Book 27 (1). Elsevier Health Sciences.

Beynen, C. (2024). Vitamin E in a dog. *Bonny Canteen*, 5: 214-223.

Bijsmans, E., Quéau, Y., Biourge, V. (2021). Increasing dietary potassium chloride promotes urine dilution and decreases calcium oxalate relative supersaturation in healthy dogs and cats. *Animals*, 11(6), 1809. <https://doi.org/10.3390/ani11061809>

Che, D., Nyingwa, P. S., Ralinala, K. M., Maswanganye, G. M. T., and Wu, G. (2021). Amino acids in the nutrition, metabolism, and health of domestic cats. *Amino Acids in Nutrition and Health: Amino Acids in the Nutrition of Companion, Zoo and Farm Animals*, 217-231.

Ciosek, Ż., Kot, K., Kosik-Bogacka, D., Łanocha-Arendarczyk, N., Rotter, I. (2021). The effects of calcium, magnesium, phosphorus, fluoride, and lead on bone tissue. *Biomolecules*, 11(4), 506. <https://doi.org/10.3390/biom11040506>

de Brito, C. B. M., Félix, A. P., Zanatta, C. P., Oliveira, S. G., Krabbe, E. L., Maiorka, A. (2013). CO₂ production in extruded dry

foods for dogs exposed to different moisture levels with and without use of mold inhibitor. *Semina: Ciências Agrárias*, 34(2), 921-926. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n2p921>

Félix, A. P., de Lima, D. C., Silva, J. R. (2013a). The integration of knowledge in animal production. 50th Annual Meeting of the Brazilian Society of Animal Science, Campinas, Brazil, 23-26 July 2013.

Félix, A. P., de Lima, D. C., & Silva, J. R. (2013b). Additives on dogs and cats nutrition. The integration of knowledge in animal production. 50th Annual Meeting of the Brazilian Society of Animal Science, Campinas, Brazil, 23-26 July 2013.

Félix, A. P., Oliveira, S. G., & Maiorka, A. (2010). Fatores que interferem no consumo de alimentos em cães e gatos. *Consumo e preferência alimentar de animais domésticos. Phytobiotics, Londrina*, 162-199.

Gross, K. L., Bollinger, R., Thawngmung, P., & Collings, G. F. (1994). Effect of three different preservative systems on the stability of extruded dog food subjected to ambient and high temperature storage. *The Journal of nutrition*, 124, 2638S-2642S. https://doi.org/10.1093/jn/124.suppl_12.2638S

Hutjens, M. F. (1991). Feed additives. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 7(2), 525-540.

Jewell, D. E., Motsinger, L. A., & Paetau-Robinson, I. (2024). Effect of dietary antioxidants on free radical damage in dogs and cats. *Journal of Animal Science*, 102, skae153. <https://doi.org/10.1093/jas/skae153>

Li, P., & Wu, G. (2024). Characteristics of Nutrition and Metabolism in Dogs and Cats. In *Nutrition and Metabolism of Dogs and Cats* (pp. 55-98). Cham: Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-54192-6_4

Li, P., Wu, G. (2023). Amino acid nutrition and metabolism in domestic cats and dogs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 14(1), 19.

Lowe, J. A., Kershaw, S. J. (1997). The ameliorating effect of *Yucca schidigera* extract on canine and feline faecal aroma. *Research in veterinary science*, 63(1), 61-66.

Maia, G. V. C., Saad, F. M. D. O. B., Roque, N. C., França, J., Lima, L. M. S., & Aquino, A. A. (2010). Zeólitas e *Yucca schidigera* em rações para cães: palatabilidade, digestibilidade e redução de odores fecais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 2442-2446. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001100017>

Markovich, J. E., Heinze, C. R., & Freeman, L. M. (2013). Thiamine deficiency in dogs and cats. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 243(5), 649-656. <https://doi.org/10.2460/javma.243.5.649>

Marsh, K. A., Ruedisueli, F. L., Coe, S. L., & Watson, T. G. D. (2000). Effects of zinc and linoleic acid supplementation on the skin and coat quality of dogs receiving a complete and balanced diet. *Veterinary Dermatology*, 11(4), 277-284. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3164.2000.00202.x>

Mendonça, J. D. S., Guimarães, R. d. C. A., Zorgetto-Pinheiro, V. A., Fernandes, C. D. P., Marcelino, G., Bogo, D., and Vilela, M.

L. B. (2022). Natural antioxidant evaluation: A review of detection methods. *Molecules*, 27(11), 3563. <https://doi.org/10.3390/molecules27113563>

Muqadas, Jahan S, Razzaq M, Shah SUS, Maheen N, Munir A, Qureshi MA and Fatima Z. (2024). Role of feed additives in pet's nutrition. In: Abbas RZ, Akhtar T, Asrar R, Khan AMA and Saeed Z (eds), *Complementary and Alternative Medicine: Feed Additives*. Unique Scientific Publishers, Faisalabad, Pakistan, pp: 36-41. <https://doi.org/10.47278/book.CAM/2024.038>

National Research Council. Nutrient Requirements of Dogs and Cats. Washington DC: National Academies Press; 2006.

Pandey, A. K., Kumar, P., & Saxena, M. J. (2019). Feed additives in animal health. *Nutraceuticals in veterinary medicine*, 345-362. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04624-8_23

Roush, J. K., Dodd, C. E., Fritsch, D. A., Allen, T. A., Jewell, D. E., Schoenherr, W. D., Richardson, D.C., Leventhal P.S., Hahn, K. A. (2010). Multicenter veterinary practice assessment of the effects of omega-3 fatty acids on osteoarthritis in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 236(1), 59-66. <https://doi.org/10.2460/javma.236.1.59>

Shahidi, F. (2000). Antioxidants in food and food antioxidants. *Food/nahrung*, 44(3), 158-163. [https://doi.org/10.1002/1521-3803\(20000501\)44:3<158::AID-FOOD158>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/1521-3803(20000501)44:3<158::AID-FOOD158>3.0.CO;2-L)

Spotti, M. J., and Campanella, O. H. (2020). Enzymatic processes of dietary fibers. *Science and Technology of Fibers in*

Food Systems, 301-327. https://doi.org/10.1007/978-3-030-38654-2_13

Tantamacharik, T., Carne, A., Shavandi, A., and Bekhit, A. E.-D. A. (2022). Keratin as an alternative protein in food and nutrition. In *Alternative Proteins* (pp. 173-214). CRC Press.

Wu G, Morris SM Jr. (1998). Arginine metabolism: nitric oxide and beyond. *Biochemical Journal*, 336,1–17.

Wu, G. (2024). Recent Advances in the Nutrition and Metabolism of Dogs and Cats. *Nutrition and Metabolism of Dogs and Cats*, 1-14. https://doi.org/10.1007/978-3-031-54192-6_1

Zafalon, R. V. A., Pedreira, R. S., Vendramini, T. H. A., Rentas, M. F., Pedrinelli, V., Rodrigues, R. B. A., and de Carvalho Balieiro, J. C. (2021). Toxic element levels in ingredients and commercial pet foods. *Scientific Reports*, 11(1), 21007. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00467-4>

Zha, M., Zhu, S., Chen, Y. (2024). Probiotics and Cat Health: A Review of Progress and Prospects. *Microorganisms*, 12(6), 1080. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12061080>

BÖLÜM V

The Effects of Climate Change on the Nutritional Value and Antinutritional Factors of Feeds

Ezgi TEGÜN¹
Ergün DEMİR²
Rahim AYDIN³

1. Introduction

Plant-based feeds are a fundamental component of animal nutrition and are widely utilized worldwide. However, the antinutritional factors (ANFs) present in these feeds can negatively impact their nutritional value and digestibility, thereby limiting their efficiency (Olarinre, Al-Badwi & Abdelrahman, 2022). ANFs are organic compounds produced by plants as part of their natural defense mechanisms and serve as chemical structures that support plants' survival against environmental stressors. Nonetheless, when

¹ PhD Student, Balıkesir University, Institute of Health Sciences, Department of Animal Nutrition and Nutritional Diseases, Balıkesir/Türkiye, Orcid: 0000-0002-7744-8140, ezgitegun@gmail.com

² Prof. Dr., Faculty of Veterinary Medicine, Department of Animal Nutrition and Nutritional Diseases, Balıkesir/Türkiye, Orcid: 0000-0001-8350-3479, ergundemir10tr@gmail.com

³ Prof. Dr., Faculty of Veterinary Medicine, Department of Animal Nutrition and Nutritional Diseases, Balıkesir/Türkiye, Orcid: 0000-0002-9433-1366, rahimaydin@yahoo.com

consumed in excessive amounts by animals, these compounds can hinder the absorption and utilization of nutrients, such as proteins, vitamins, and minerals, leading to adverse effects on growth performance, health, and productivity (Yacout, 2016).

The effects of ANFs can vary depending on their type and concentration. For instance, compounds like saponins, hemagglutinins, and protease inhibitors directly influence protein metabolism, while others, such as phytates, oxalates, and gossypol, reduce the bioavailability of minerals (Olarinre, Al-Badwi & Abdelrahman, 2022). Additionally, some ANFs are reported to have beneficial effects when consumed in appropriate amounts. For example, saponins may exhibit immunostimulatory and antioxidant properties, while phytic acid has been shown to exert protective effects against cancer cells (Gemedede & Ratta, 2014). Therefore, accurately assessing the effects of ANFs is critically important not only for optimizing animal nutrition but also for promoting environmental sustainability and economic efficiency.

Various traditional and modern methods have been developed to reduce the antinutritional factor (ANF) content in animal feeds. Traditional approaches include processes such as autoclaving, fermentation, sprouting, dehulling, soaking, and extrusion, which degrade the structure of ANFs, thereby decreasing their bioavailability (Abu Hafsa et al., 2022). However, as nutrient losses can occur during feed processing, these techniques must be carefully applied.

In recent years, climate change has emerged as a significant area of research concerning its effects on the nutritional content and ANF levels of plant-based feeds. Environmental changes associated with climate change, such as increased temperatures, irregular

⁴PhD Student, Balıkesir University, Institute of Health Sciences, Department of Animal Nutrition and Nutritional Diseases, Balıkesir/Türkiye, Orcid: 0000-0002-7744-8140, ezgitegun@gmail.com

⁵Prof. Dr., Faculty of Veterinary Medicine, Department of Animal Nutrition and Nutritional Diseases, Balıkesir/Türkiye, Orcid: 0000-0001-8350-3479, ergundemir10tr@gmail.com

⁶Prof. Dr., Faculty of Veterinary Medicine, Department of Animal Nutrition and Nutritional Diseases, Balıkesir/Türkiye, Orcid: 0000-0002-9433-1366, rahimaydin@yahoo.com

precipitation patterns, reduced soil moisture, and elevated atmospheric carbon dioxide (CO₂) levels, are known to significantly influence plant growth and development (Shahzad & Rouached, 2022). It has been suggested that plants enhance ANF production as a survival mechanism under stressful environmental conditions, thereby amplifying the antinutritional properties of feeds. For example, drought conditions have been reported to increase the levels of harmful compounds such as phytic acid and lead in plants while reducing the availability of essential minerals like phosphorus and potassium in the soil (Hummel et al., 2018).

Moreover, increased atmospheric CO₂ levels have been reported to significantly impact the mineral content of forage crops. Studies indicate that crops grown under elevated CO₂ conditions exhibit reduced concentrations of micronutrients such as iron and zinc, posing a significant risk to both animal and human nutrition (Myers et al., 2014).

This review aims to provide a detailed examination of the major ANFs found in plant-based feeds and their positive and negative effects on animal nutrition. Additionally, it evaluates the potential impacts of climate change on the ANF content and nutrient profiles of forage crops and discusses the possible implications of these changes for animal production systems. In this context, recommendations will be made to ensure feed safety and support sustainable livestock practices.

2. Key antinutritional factors in feeds

Antinutritional factors (ANFs) are naturally occurring biological compounds found in plants and vegetables that limit the digestion, absorption, and metabolic utilization of nutrients. These compounds are integral to the defense mechanisms plants develop against environmental stresses, diseases, and herbivores. However, the presence of such factors in animal feeds can reduce the bioavailability of nutrients, negatively impacting growth performance, health, and production efficiency.

The quantity and diversity of ANFs vary depending on the plant species, cultivation conditions, and environmental factors. Consequently, the ANF content of forage crops represents a critical element that must be carefully considered in feed formulation and processing. Figure 1 provides a visual summary of the primary antinutritional factors present in different plant species and their potential effects.

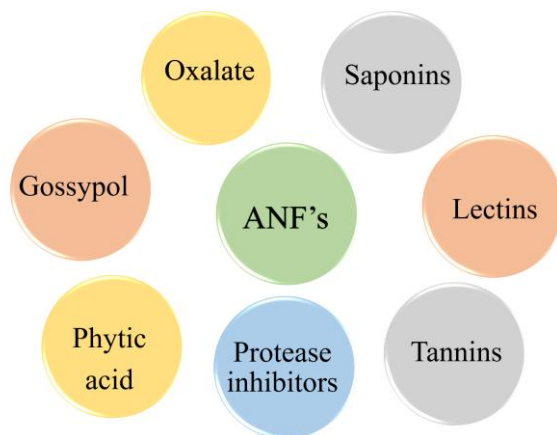


Figure 1: Representation of different antinutritional factors

By systematically identifying and addressing these factors, strategies can be developed to optimize feed quality and minimize the adverse effects of ANFs on animal productivity and well-being.

2.1. Saponins

Saponins are glycosidic compounds known for their ability to form persistent foams and induce hemolysis in erythrocytes. Beyond these properties, saponins exhibit antifungal and antibiotic activities, making them significant in biological and medical research (Küçükkurt & Fidan, 2008; Yacout, 2016). These compounds are widely distributed in nature and are commonly found in plants such as lentils, chickpeas, soybeans, and sunflowers.

Structurally, saponins consist of two main parts: glycan and aglycone (sapogenin) (Figure 2).

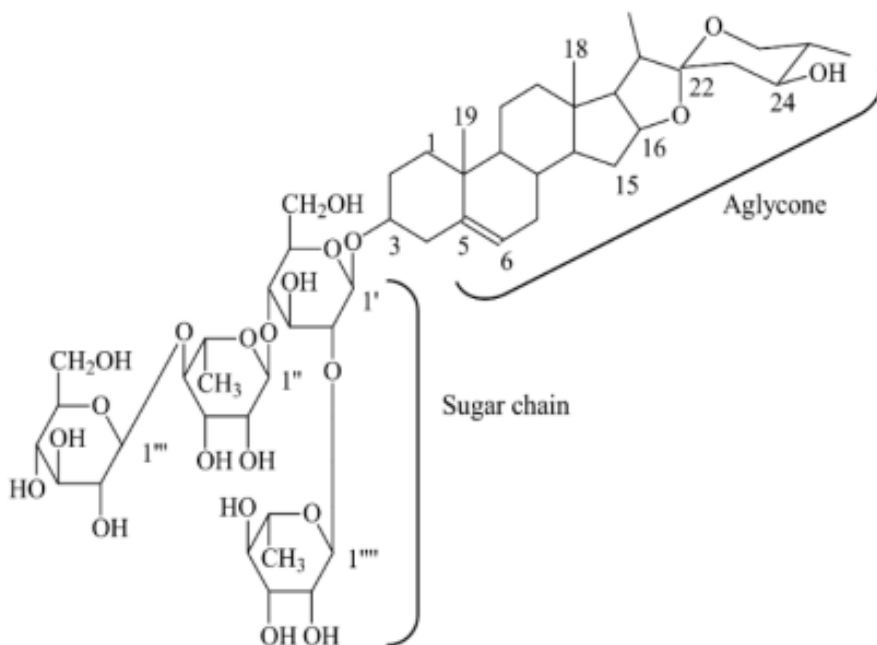


Figure 2: Chemical structure of saponin (Okumuş & Temiz, 2022).

Figure 2 illustrates the chemical structure of saponins, highlighting their functional groups and structural diversity. This visual representation provides insight into the chemical variability and functional properties of these compounds (Okumuş & Temiz, 2022).

The glycan portion is composed of oligosaccharides with either a linear or branched structure, while the aglycone portion can be steroidal or triterpenoidal. The aglycone structure is further enriched with functional groups such as $-\text{OH}$, $-\text{COOH}$, and $-\text{CH}_3$ (Gümüş & İmİK, 2012).

2.1.1. Classification of saponins

Saponins are classified into two primary groups based on the chemical properties of their aglycone structures:

1. Steroidal Saponins: Commonly found in food plants such as tomato seeds, oats, and potatoes.

2. Triterpenoid Saponins: Predominantly present in legumes such as fava beans, chickpeas, and soybeans (Samtiya, Aluko & Dhewa, 2020).

2.1.2. Biological activities of saponins

Saponins have the potential to damage cell membranes, exhibiting antifungal and antibacterial properties by neutralizing bacteria and protozoa (Singh et al., 2023). They are particularly hemolytic, a property linked to their aglycone's high affinity for sterols, especially cholesterol. By forming insoluble complexes with cholesterol, saponins destabilize cell membranes, a feature that necessitates careful regulation of their use in biological systems (Küçükkurt & Fidan, 2008).

Due to their hemolytic effects, intravenous administration of saponins is not recommended; instead, oral administration is preferred. When ingested, saponins can positively impact digestive health by acting on intestinal microorganisms and controlling parasitic infections.

2.2. Lectins

Lectins are glycoproteins known for their high affinity for specific sugar molecules and their ability to bind to carbohydrate membrane receptors. By interacting with glycoproteins on the surface of red blood cells, they can cause agglutination (clumping). Most lectins cannot be fully inactivated by dry heat; the presence of moisture is necessary for their deactivation (Gemede & Ratta, 2014). Lectins are commonly found in a wide range of edible plants, including beans, wheat germ, soybeans, potatoes, peas, carrots, corn, and beets (Vasconcelos & Oliveira, 2004).

2.2.1. Antinutritional effects of lectins

The primary antinutritional effect of lectins lies in their ability to inhibit the absorption of nutrients in the small intestine (Samtiya, Aluko & Dhewa, 2020; Pekşen & Artık, 2005). Lectins can lead to the accumulation of undigested food particles in the gut, damaging the cell membranes of the intestinal mucosa. Furthermore, they may negatively affect the gut microbiota, disrupt mucosal barrier functions, and even exert toxic effects that harm other internal organs (Sarioğlu & Velioğlu, 2018).

Lectins also influence the immune system by stimulating the production of antibodies such as IgG and IgM. Additionally, their binding to red blood cells can cause hemagglutination, potentially leading to anemia (Gemedé & Ratta, 2014).

2.2.2. Methods to reduce lectin content

Lectins are water-soluble compounds, and soaking lectin-containing plants is an effective method for reducing their levels. Additional processing techniques to remove or deactivate lectins include:

- Cooking at adequate temperatures,
- Removing the outer shell or hull of grains or beans,
- Enzymatic degradation,
- Fermentation.

The effectiveness of these methods depends on the type of plant, the lectin concentration, and the duration of the applied treatment (Lucius, 2020). With proper processing, the negative effects of lectins can be minimized, ensuring the safe consumption of these plants.

2.3. Protease inhibitors

Protease inhibitors are among the most prevalent antinutritional factors and can inhibit the activity of proteolytic enzymes in the gastrointestinal system (Gemedé & Ratta, 2014).

Classified as soluble proteins (albumins), they are particularly known as trypsin and chymotrypsin inhibitors. These inhibitors are found in various plant tissues, such as soybeans, broad beans, maize, rice, barley, peanuts, potatoes, and cocoa husks, as well as in some animal tissues. In legumes, protease inhibitors make up approximately 0.2-2% of the soluble protein content (Pekşen & Artık, 2005). The activity of these inhibitors increases as seeds mature (Jain, Kumar & Panwar, 2009).

2.3.1. Physiological effects of protease inhibitors

Trypsin and chymotrypsin inhibitors are particularly abundant in raw legume seeds, where they inhibit the activity of digestive enzymes like trypsin, chymotrypsin, and amylase in the small intestine. This inhibition restricts the proteolysis of dietary proteins, leading to reduced amino acid absorption and protein bioavailability. Consequently, this can negatively impact animal growth performance and overall health (Pekşen & Artık, 2005; Gemedé & Ratta, 2014).

Due to their structural properties, protease inhibitors are resistant to digestion, even in the presence of abundant digestive enzymes. However, they can be effectively denatured through thermal processing, significantly mitigating their antinutritional effects (Gemedé & Ratta, 2014).

2.3.2. Inactivation of protease inhibitors

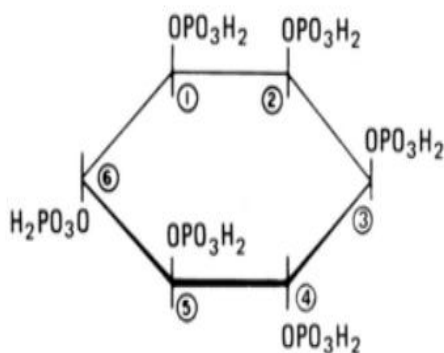
Various thermal processing methods are employed to deactivate protease inhibitors. The following methods have proven effective in reducing trypsin inhibitor activity in legumes:

- **Autoclaving:** 15–20 minutes at 120°C,
- **Extrusion cooking:** Performed at 150°C,
- **Microwave treatment:** Conducted at 107°C for 30 minutes (Jain, Kumar & Panwar, 2009).

Applying these methods minimizes the antinutritional effects of protease inhibitors, enhancing the nutritional value of feed and improving animal digestion efficiency.

2.4. Phytic acid

Phytic acid ($C_6H_{18}O_{24}P_6$) is another significant antinutritional factor, predominantly found in cereals, legumes, oilseeds, and various plant cells (Figure 3).



*Figure 3: Molecular structure of phytic acid
(Lo et al., 2018).*

Phytic acid binds with minerals such as iron, calcium, magnesium, and copper, forming phytate compounds (Doğan & Bircan, 2009). These compounds limit the bioavailability of minerals from plant-based foods. Additionally, phytates can bind to endogenous proteases like trypsin and chymotrypsin, creating phytate-protein complexes that are more resistant to proteolytic enzymes. This mechanism reduces the digestibility of proteins and amino acids. Beyond affecting mineral absorption, phytates also negatively impact the digestibility of proteins and carbohydrates due to the complexes they form.

Despite its mineral absorption-limiting properties, phytic acid also offers some beneficial effects. For instance, it has been reported to lower serum cholesterol and triglyceride levels, reduce

the risk of iron-induced intestinal cancer, and inhibit lipid peroxidation (Boğa, Kocadayıoğulları & Can, 2022).

2.4.1. Interaction of phytic acid with minerals

Phytic acid has a high affinity for cations due to the negatively charged phosphate ions in its structure, making it a chelating agent. It commonly binds with positively charged metal ions like zinc, iron, magnesium, and calcium, forming complexes. These binding properties make phytic acid a significant contributor to mineral deficiencies in animals (Samtiya, Aluko & Dhewa, 2020).

2.4.2. Phytic acid and phosphorus utilization

Approximately two-thirds of the total phosphorus in plant-based feed ingredients is stored as phytate phosphorus. Phytates are the primary form of phosphorus storage in plant-based feeds. However, poultry lack the endogenous phytase enzyme necessary to hydrolyze phytate phosphorus, rendering this phosphorus largely inaccessible. As a result, poultry cannot digest this phosphorus, and it is excreted in feces. When phytates are broken down by microorganisms in the soil, they increase the levels of phosphorus in soil and water, contributing to environmental pollution (Deniz, 2014).

2.5. Gossypol

Gossypol is a phenolic compound with toxic properties, soluble in ether and acetone. It is primarily produced by the cotton plant (*Gossypium spp.*) and synthesized in the roots. It is stored in specialized glands, located throughout the plant's organs, including the roots (Habil et al., 2019). Gossypol exists in both free and bound forms in cottonseed and other parts of the plant. While the bound form is non-toxic, the free form is associated with toxicity (Wang et al., 2020).

Free gossypol is toxic to monogastric animals and humans, inhibiting the activity of proteolytic enzymes such as pepsin and trypsin in the stomach and intestines, thereby reducing protein

digestibility. This can limit the effective utilization of dietary proteins by animals. Cottonseed, which contains high levels of free gossypol, is often subjected to heat processing to convert free gossypol into the bound form, significantly reducing its toxicity (Doğan & Bircan, 2009).

2.5.1. Gossypol in cottonseed

Cottonseed is a rich source of gossypol. However, the amount of gossypol can vary depending on the processes used in cotton oil and meal production. Gossypol may remain in the meal, dissolve into the oil during extraction, or form gossypol-lysine complexes under certain conditions. In unprocessed cottonseed, high levels of free gossypol persist, continuing to exert toxic effects (Habil et al., 2019).

Gossypol is also a part of the plant's natural defense mechanism, protecting against insects and herbivores. However, its negative effects on animal nutrition limit the use of cottonseed and its derivatives in feed.

Gossypol, especially in its free form, is an antinutritional factor originating from the cotton plant with adverse effects on digestion, particularly for monogastric animals. The toxic effects of free gossypol necessitate appropriate heat processing of cottonseed and its byproducts to ensure their safe use in animal feed. Such methods minimize gossypol toxicity, allowing for safer and more effective inclusion of cottonseed in animal nutrition.

2.6. Oxalate

Oxalate, with the chemical formula C_2O_4 (Figure 4), is a biologically active organic compound commonly found in plants.

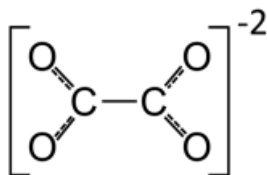


Figure 4: Molecular structure of oxalate

(Lo et al.,2018)

It is considered a significant antinutritional factor due to its ability to form insoluble salts with essential minerals like calcium, iron, potassium, and magnesium. These insoluble salts can reduce the bioavailability of minerals, limiting their absorption and utilization in animals and humans (Petroski & Minich, 2020).

2.6.1. Functions of oxalate in plants

In plants, oxalate plays crucial roles in detoxifying heavy metals and regulating calcium balance. These mechanisms are vital for plants' adaptation to environmental stressors. Oxalate can exist in various forms in plants, categorized into two main groups:

1. Water-soluble oxalates (e.g., oxalic acid, potassium oxalate, sodium oxalate, and ammonium oxalate).
2. Insoluble oxalate salts, primarily calcium oxalate.

While insoluble oxalate salts are excreted via feces and may cause mineral deficiencies, water-soluble oxalates form complexes with positively charged metal ions, inhibiting mineral absorption and amplifying their antinutritional effects (Franceschi & Nakata, 2005).

2.6.2. Health implications of oxalate

Excessive intake of oxalate, particularly in its calcium oxalate form, has been associated with the formation of kidney stones and other health issues. Both soluble and insoluble forms reduce the digestibility and bioavailability of essential minerals like

calcium, magnesium, iron, and zinc. This makes oxalate a significant dietary concern.

2.6.3. Impact on animal nutrition

In animal feed, oxalate content can restrict the nutritional value of plant-based ingredients. High oxalate levels may impair mineral absorption, adversely affecting animal health and productivity. Poultry is more susceptible to the effects of soluble oxalates due to limited metabolic resistance. To minimize these effects, feed processing methods are essential to reduce oxalate levels.

2.6.4. Potential positive effects of oxalate

Despite its antinutritional effects, oxalate has been suggested to possess certain antibacterial and antifungal properties, potentially providing health benefits in specific contexts. However, these benefits are outweighed by its toxic effects when consumed in high amounts (Franceschi & Nakata, 2005).

2.7. Tannins

Tannins are naturally occurring, nitrogen-free phenolic compounds in plants. They are classified into two main groups:

1. Hydrolyzable tannins: React with water to produce smaller phenolic compounds.
2. Condensed tannins (proanthocyanidins): Larger polymerized structures resistant to hydrolysis (Aydın & Üstün, 2007).

Tannins are widely distributed in plants, particularly in legumes, acacia, oak, carob, tea, pomegranate, and grapes. They are found in various plant parts such as roots, leaves, seeds, fruits, and bark, serving as part of the plant's defense mechanism against environmental stressors (Ünver et al., 2014).

2.7.1. Antinutritional effects of tannins

Tannins can bind to proteins, reducing their digestibility and forming complexes with polysaccharides and metal ions, further restricting nutrient bioavailability. Their binding effect can also

inhibit digestive enzymes, leading to reduced nutrient absorption and lower feed efficiency (Aydın & Üstün, 2007).

2.7.2. Biological effects of tannins

While tannins have antinutritional properties, they also exhibit beneficial effects, including antibacterial, antifungal, and antioxidant activities. These properties can improve gut health and mitigate oxidative stress in animals when tannins are used at appropriate concentrations. However, excessive tannin intake may cause appetite loss, constipation, and damage to organs such as the liver and kidneys.

Summary: Antinutritional factors (ANFs) in animal nutrition

Plant-based ANFs, such as oxalates, tannins, and saponins, can adversely affect digestion, nutrient absorption, and overall animal health. Their primary effects include:

- Reducing the bioavailability of essential nutrients.
- Inhibiting digestive enzymes.
- Causing toxic effects at high concentrations.

However, when consumed in low doses, some ANFs exhibit beneficial effects, such as antioxidant and antimicrobial properties. Effective feed processing and formulation strategies are critical to balancing the benefits and minimizing the risks of ANFs in animal diets.

3. The impact of climate change on nutrient levels and antinutritional factors in feeds

Climate is a fundamental factor that profoundly influences plant production and agricultural ecosystems, shaping biological and environmental processes. In recent years, human activities have significantly increased the concentration of greenhouse gases in the atmosphere, leading to global warming and subsequent climate changes. Scientific studies have demonstrated that global warming disrupts climatic balance by raising surface temperatures and causes

numerous adverse effects on the biosphere (Elbasiouny et al., 2022). The average global surface temperature has risen by approximately 1.18°C over the past century, and it is expected to increase by 1.4–5.5°C within the next five to ten years. During this period, atmospheric CO₂ levels are projected to double or triple their current levels (Zingales et al., 2022). These changes pose a significant threat to agricultural production due to their impacts on plant growth, development, yield, and nutrient content.

3.1. Climate change and plant nutrition

Climate change directly affects several factors influencing plant nutrition, including temperature, atmospheric CO₂ concentration, and changes in precipitation patterns. Global warming affects photosynthetic efficiency, water balance, and nutrient uptake in plants. Higher temperatures alter physiological processes such as photosynthesis and respiration, disrupting plants' biochemical balance. Prolonged droughts and irregular precipitation patterns reduce soil moisture, limiting water uptake by plants and triggering nutritional imbalances (Petkova, Kuzmova & Berova, 2019).

One of the most notable effects of climate change is its impact on the availability of soil nutrients essential for plant growth. Global warming alters the availability of fundamental soil nutrients such as carbon, nitrogen, and phosphorus, potentially leading to significant consequences for plant development (Elbasiouny et al., 2022; Owino et al., 2022). For example, elevated atmospheric CO₂ levels accelerate plant growth but simultaneously reduce the bioavailability of micronutrients like zinc, iron, and proteins in plants. Studies have shown significant reductions in iron, zinc, and protein concentrations in plants grown under high CO₂ conditions (Myers et al., 2014; Medek, Schwartz & Meyers, 2017).

Furthermore, rising temperatures shorten the duration of nutrient accumulation in plants, leading to a decline in nutrient levels. This acceleration in plant growth and shortened developmental periods restrict the timeframe for nutrient

accumulation (Challinor et al., 2016). Global warming and changing climatic conditions, which significantly influence soil structure and nutrient uptake by plants, not only threaten crop productivity but also jeopardize food security.

3.2. Impact on antinutritional factors

Climate change not only affects nutrient content but also alters the intensity of antinutritional factors in plants. Antinutritional factors are compounds that impede nutrient absorption and can be harmful to health. Climatic stress factors can increase the content of antinutritional components such as tannins, saponins, and lignin in plants. For instance, plants like *Quercus rubra* grown under heat stress exhibit higher tannin levels compared to those grown under optimal conditions (Top et al., 2017). Such increases in antinutritional factors reduce the nutritional value of plants and may have adverse effects on human health. Similarly, in drought and high-CO₂ environments, particularly in legumes, the content of tannins and lignin tends to increase, while some minerals and proteins decrease (AbdElgawad et al., 2014). These changes hinder nutrient bioavailability, negatively affecting human nutrition.

4. Conclusion

In conclusion, climate change has far-reaching effects on crop yield, nutrient content, and the formation of antinutritional factors. These changes pose significant threats to both agricultural production and human health, necessitating the development of more comprehensive strategies to combat climate change.

This review provides detailed insights into antinutritional factors in feeds, their positive and negative effects on animals, and the impact of climate change on nutrient levels and antinutritional components in feeds. Climate change is exerting increasingly evident effects on agricultural systems globally. One of the most striking outcomes is the observed decline in protein and mineral content in plants, particularly micronutrients like iron and zinc, which have become a widespread health concern. While these

deficiencies can be partially addressed through supplementation, obtaining nutrients through food consumption is considered a more sustainable solution for addressing mineral deficiencies in future climatic conditions.

The mechanisms underlying plants' biological responses to climatic stress factors remain incompletely understood. A better understanding of these mechanisms is crucial for developing more efficient and resilient agricultural products in response to future climate conditions. In this context, deeper research into the effects of climate change on agriculture is essential for ensuring food security and promoting sustainable farming practices.

References

AbdElgawad, H., Peshev, D., Zinta, G., Van den Ende, W., & Janssens, I. A. (2014). Climate Extreme Effects on the Chemical Composition of Temperate, *PloS one*, 9(3), Doi: 10.1371/journal.pone.0092044

Abu Hafsa, S. H., Hassan, A. A., Elghandour, M. M., Barbabosa-Pliego, A., Mellado, M., & Salem, A. Z. (2022). Dietary Anti-nutritional Factors and Their Roles in Livestock Nutrition. Eric Lichtfouse (Ed.), In *Sustainable Agriculture Reviews 57: Animal Biotechnology for Livestock Production (2)*, (s.131-174). Cham: Springer International Publishing.

Aydın, S., & Üstün, F. (2007). Tanenler 1 Kimyasal Yapıları, Farmakolojik Etkileri, Analiz Yöntemleri. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 33(1), 21-31.

Boğa, M., Kocadayıoğulları, F., & Can, M. E. (2022). Flavonoid ve Saponinlerin Ruminant Hayvan Beslemede Kullanımı. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 5(1), 34-41. Doi: 10.34248/bsengineering.937318

Challinor, A. J., Koehler, A. K., Ramirez-Villegas, J., Whitfield, S., & Das, B. (2016). Current warming will reduce yields unless maize breeding and seed systems adapt immediately. *Nature Climate Change*, 6(10), 954-958. Doi: 10.1038/nclimate3061

Deniz, G. (2014). Kanatlı hayvanların rasyonlarında fitaz enzimi kullanılmasının önemi. *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 33(1-2), 27-31. Doi: 10.30782/uluvfd.384762

Doğan, G., & Bircan, R. (2009). Bitkisel Yem Hammaddelerinde Bulunan Antibesleyici Faktörler ve Balıklar Üzerine Etkileri. *Journal of FisheriesSciences. com*, 3(4), 323-332. Doi: 10.3153/jfscom.2009037

Elbasiouny, H., El-Ramady, H., Elbehiry, F., Rajput, V. D., Minkina, T., & Mandzhieva, S. (2022). Plant nutrition under climate

change and soil carbon sequestration. *Sustainability*, 14(2), 914-934. Doi: 10.3390/su14020914

Franceschi, V. R., & Nakata, P. A. (2005). Calcium oxalate in plants: formation and function. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 56, 41-71. Doi: 10.1146/annurev.arplant.56.032604.144106

Gemed, H. F., & Ratta, N. (2014). Antinutritional factors in plant foods: Potential health benefits and adverse effects. *International journal of nutrition and food sciences*, 3(4), 284-289. Doi: 10.11648/j.ijnfs.20140304.18

Gümüş, R., & İmık, H. (2012). Saponinlerin hayvan beslemede yem katkı maddesi olarak kullanımı. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 7(3), 221-229.

Habil, U., Kütükoğlu, F., Karaağaç, H. E., & Kara, S. (2019). Farklı Protein İçerikli Pamuk Tohumu Küspelerinin HPLC Yöntemi ile Gossipol Düzeylerinin Belirlenmesi. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, (21), 18-25.

Hummel, M., Hallahan, B. F., Brychkova, G., Ramirez-Villegas, J., Guwela, V., Chataika, B., ... & Spillane, C. (2018). Reduction in nutritional quality and growing area suitability of common bean under climate change induced drought stress in Africa. *Scientific Reports*, 8(1), 16187. Doi: 10.1038/s41598-018-33952-4

Jain, A. K., Kumar, S., & Panwar, J. D. (2009). Antinutritional factors and their detoxification in pulses—A review. *Agricultural Reviews*, 30(1), 64-70.

Küçükkurt, İ., & Fidan, A. F. (2008). Saponinler ve bazı biyolojik etkileri. *Kocatepe Veterinary Journal*, 1(1), 89-96.

Lo, D., Wang HsinI, W. H., Wu WanJen, W. W., & Yang RayYu, Y. R. (2018). Anti-nutrient components and their concentrations in edible parts in vegetable families. *CABI Reviews*, (13), 1-30. Doi: 10.1079/PAVSNNR201813015

Lucius, K. (2020). Dietary lectins: Gastrointestinal and immune effects. *Alternative and Complementary Therapies*, 26(4), 168-174. Doi: 10.1089/act.2020.29286.klu

Medek, D. E., Schwartz, J., & Myers, S. S. (2017). Estimated effects of future atmospheric CO₂ concentrations on protein intake and the risk of protein deficiency by country and region. *Environmental Health Perspectives*, 125(8). Doi: 10.1289/EHP41

Myers, S. S., Zanutti, A., Kloog, I., Huybers, P., Leakey, A. D., Bloom, A. J., ... & Usui, Y. (2014). Increasing CO₂ threatens human nutrition. *Nature*, 510(7503), 139-142.

Okumuş, E., & Temiz, M. A. (2022). Saponin Bileşeninin Biyolojik Aktiviteleri, Kullanım Alanları ve Etkileri. *Van Sağlık Bilimleri Dergisi*, 15(2), 164-173. Doi: 10.52976/vansaglik.1028378

Olarinre, I. O., Al-Badwi, M. A., & Abdelrahman, M. M. Antinutrients in Ruminant Feeds: A review. *Researcher*, 14 (4). Doi: 10.7537/marsrj140422.01

Owino, V., Kumwenda, C., Ekesa, B., Parker, M. E., Ewoldt, L., Roos, N., ... & Tome, D. (2022). The impact of climate change on food systems, diet quality, nutrition, and health outcomes: A narrative review. *Frontiers in Climate*, 4, 941842. Doi: 10.3389/fclim.2022.941842

Pekşen, E., & Artık, C. (2005). Antibesinsel maddeler ve yemeklik tane baklagillerin besleyici değerleri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(2), 110-120.

Petkova, B., Kuzmova, K., & Berova, M. (2019). The main abiotic stress factors limiting crop cultivation and production in Bulgaria. Climate changes, drought, water deficit and heat stress. *Agricultural Sciences*, 11(26). 10.22620/agrisci.2019.26.002

Petroski, W., & Minich, D. M. (2020). Is there such a thing as “anti-nutrients”? A narrative review of perceived problematic plant compounds. *Nutrients*, 12(10), 2929. Doi: 10.3390/nu12102929

Samtiya, M., Aluko, R. E., & Dhewa, T. (2020). Plant food anti-nutritional factors and their reduction strategies: an overview. *Food Production, Processing and Nutrition*, 2, 1-14.

Sarioğlu, G., & Velioğlu, Y. S. (2018). Baklagillerin bileşimi. *Akademik Gıda*, 16(4), 483-496. Doi: 10.24323/akademik-gida.505547

Shahzad, Z., & Rouached, H. (2022). Protecting plant nutrition from the effects of climate change. *Current Biology*, 32(13), 725-727. Doi: 10.1016/j.cub.2022.05.056

Singh, P., Pandey, V. K., Sultan, Z., Singh, R., & Dar, A. H. (2023). Classification, benefits, and applications of various anti-nutritional factors present in edible crops. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100902. Doi: 10.1016/j.jafr.2023.100902

Top, S. M., Preston, C. M., Dukes, J. S., & Tharayil, N. (2017). Climate influences the content and chemical composition of foliar tannins in green and senesced tissues of *Quercus rubra*. *Frontiers in plant science*, 8, 246635. Doi: 10.3389/fpls.2017.00423

Ünver, E., Okur, A. A., Tahtabiçen, E., Kara, B., & Şamlı, H. E. (2014). Tanenler ve hayvan besleme üzerine etkileri. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 2(6), 263-267. Doi: 10.24925/turjaf.v2i6.263-267.125

Vasconcelos, I. M., & Oliveira, J. T. A. (2004). Antinutritional properties of plant lectins. *Toxicon*, 44(4), 385-403. Doi: 10.1016/j.toxicon.2004.05.005

Wang, L., Li, A., Shi, J., Liu, K., Cheng, J., Song, D., ... & Wang, W. (2020). Effects of different levels of cottonseed meal on laying performance, egg quality, intestinal immunity and hepatic histopathology in laying hens. *Food and Agricultural Immunology*, 31(1), 803-812. Doi: 10.1080/09540105.2020.1774745

Yacout, M. H. M. (2016). Anti-nutritional factors & its roles in animal nutrition. *J Dairy Vet Anim Res*, 4(1), 237-239. Doi: 10.15406/jdvar.2016.04.00107

Zingales, V., Taroncher, M., Martino, P. A., Ruiz, M. J., & Caloni, F. (2022). Climate change and effects on molds and mycotoxins. *Toxins*, 14(7), 445. Doi: 10.3390/toxins14070445

BÖLÜM VI

Tavuklarda Koksidiyosis Karşı Doğal Yem Hammaddelerinin Kullanımı

Sezen TAYAM¹
Mehmet Reşit KARAGEÇİLİ²
Sibel ERDOĞAN³

1. Giriş

Kanatlı endüstrisi dünya genelinde hem gıda kaynağı olarak hem de ekonomik açıdan büyük bir paya sahiptir (Khater & ark., 2020). Dünyada kanatlı hayvan sayısı 2021 yılında 28 milyar adet olup, kanatlı eti üretimi 138 milyon ton, yumurta üretimi ise 92.6 milyon tondur. 2022 yılı verilerine göre dünyada kanatlı eti üretiminin % 88.1'ini tavuk eti (102 milyon ton) olup, yumurta üretiminin % 93.3'ünü (86.4 milyon ton) tavuk yumurtası oluşturmuştur (TEPGE, 2023). Ülkemizde toplam et üretimi

¹ Arş. Gör., Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Hayvansal Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Muş/Türkiye, Orcid: 0000-0003-1693-0651, s.tayam@alparslan.edu.tr

² Dr. Öğr. Üyesi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Van/Türkiye, Orcid: 0000-0001-8433-0397, resitkaragecili@yyu.edu.tr

³ Doç. Dr., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Van/Türkiye, Orcid: 0000-0003-2640-3871, serdogan@yyu.edu.tr

içerisinde tavuk eti üretiminin payı % 68.5 olarak bildirilmiş olup 2023 yılında 2.4 milyon ton ile ciddi bir artış sağlarken tavuk yumurtası üretimi ise 1.25 milyon tona ulaşmıştır. Ülkemizde hayvansal ürünler içerisinde en çok dış ticarete konu olan ürünler arasında kanatlı hayvanları eti ilk sırada yer almaktadır. Sektörde yaklaşık üç milyon insan doğrudan kanatlı endüstrisi ile bağlantılı olup, bu sektör ülkenin ekonomisine yıllık 5.5 milyar ABD doları katkıda bulunmaktadır. Kanatlı endüstrisinin, yalnızca ülkemizin besin güvenliği için büyük bir rol oynamakla kalmayıp, aynı zamanda dünya genelinde önemli bir nüfusa çalışma fırsatı sağladığı açıktır.

Dünyada ve ülkemizde büyük ve ciddi bir ekonomiye sahip olan tavukçuluk sektörü bakteriyel, viral ve paraziter hastalıklar nedeniyle önemli derecede ekonomik zarara uğrayabilmektedir. Enfeksiyöz kökenli birçok hastalık koruyucu aşılar kullanılarak başarılı bir şekilde kontrol altına alınmış olmasına rağmen, çeşitli *Eimeria* türlerinin neden olduğu koksidiyoz, kanatlı hayvan yetiştiriciliği için halen en zorlu engel olarak kabul edilmektedir. Koksidiyozisin üretimde azalmaya yol açması yanı sıra (ölüm oranı, kilo kaybı, bağırsak hasarı, kanlı ishal, yem sindirimi, besin emilimi, dehidratasyon gibi performans kayıpları) ile veterinerlik ve koruyucu müdahalelerin maliyetinin (Amerah & Ravindran, 2015; Gómez-Osorio, Chaparro-Gutiérrez & López-Osorio, 2021; Yu & Heo, 2021) sadece Birleşik Krallık'ta kanatlı endüstrisine yılda 38 milyon sterlinden fazla bir kayba neden olduğu ve dünya genelindeki kayıpların yılda 500 milyon sterlini aştığı tahmin edilmektedir (Shirley, Smith & Blake, 2007). Koksidiyozis, dünya çapında tavukçuluk endüstrisini etkileyen ve her yıl milyarlarca dolar zarara neden olan önemli bir paraziter durum olarak kabul edilsede, uzun yıllardır bilinen bir hastalıktır ve alternatif çözüm yolları hala aranmaktadır (Gilbert & ark., 2011; Acharya & Acharya, 2017; Nahed & ark., 2022).

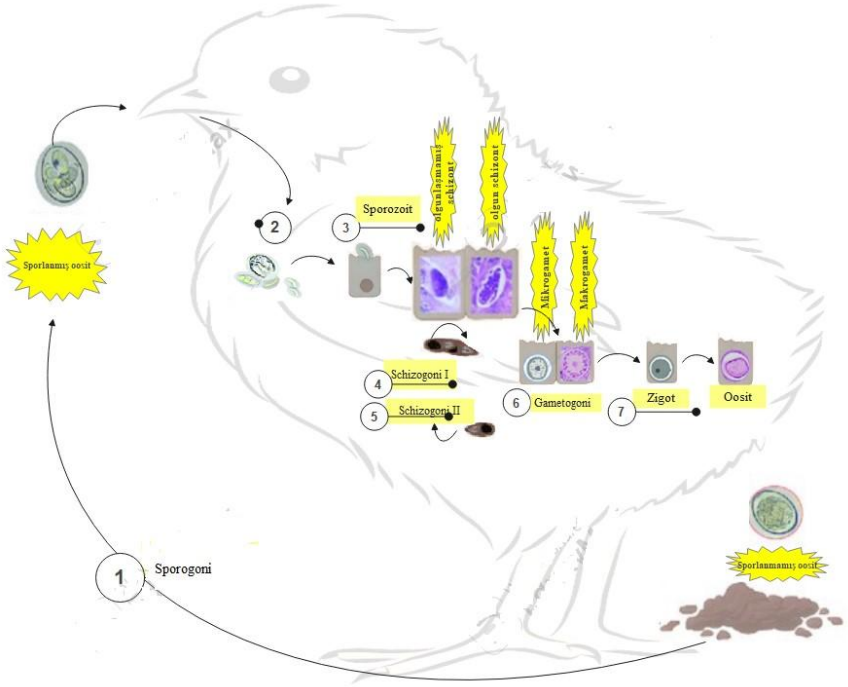
Koksidiyozis, *Eimeria* türü protozoalar tarafından meydana gelen bir bağırsak hastalığıdır. Bu hastalık; ince bağırsak, kör

bağırsak, kolon ve rektum gibi bağırsak bölgelerini enfekte etmektedir (Tsukahara & ark., 2018; Tegün & ark., 2023).

Koksidiyozisden kaynaklı kayıpları azaltmak için çeşitli antikoksidiyal ilaçlar ve aşılama yöntemlerinden yaygın bir şekilde yararlanılmaktadır. Fakat antikoksidiyal ilaçların uzun süreli kullanımından sonra ilaca dirençli suşların ortaya çıkması, ilaçla ilgili mevzuattan ve ilaçların kalıntı bırakarak insan tüketimi için toksik olabileceğinden dolayı, kullanımı endişe verici hale gelmiştir. Aşı uygulamasında ise maliyetinin yüksek olması, güvenlik garantisinin olmaması ve hemorajik reaksiyonları veya malabsorptif koksidiyozisi tetikleyerek yemden yararlanma oranını olumsuz etkileyebileceğini ileri süren çalışmaların ışığında, koksidiyozis hastalığını önlemek ve tedavi etmek amacıyla alternatif yöntemler büyük önem kazanmıştır (McDougald, 2003; Peek & Landman, 2011; Yu & Heo, 2021; Tegün & ark., 2023).

2. Tavuklarda Koksidiyozis

Kümes hayvanlarında koksidiyozis, *Apicomplexa* şubesinin *Eucoccidiorida* takımı *Eimeridae* familyasındaki *Eimeria* cinsindeki hücre içi protozoalar tarafından meydana gelen önemli bir pandemik hastalık olarak kabul edilmektedir. Tavuklarda, *Eimeria acervulina*, *Eimeria brunetti*, *Eimeria maxima*, *Eimeria necatrix*, *Eimeria mitis*, *Eimeria praecox* ve *Eimeria tenella* olmak üzere yedi *Eimeria* türü tespit edilmiştir (Peek & Landman, 2011; Shirley & Long, 2019; Yu & Heo, 2021; Muñoz-Gómez & ark., 2024). *Eimeria* sp. omurgalı konakçıyı enfekte eden monoksen parazitlerdir (Fayer, 1980). Konak içinde *Eimeria* sp., hem eşeyli hem de eşeysiz gelişim aşamalarına sahip yaşam döngüsünü sahiptir (Şekil 1) (Price & Barta, 2010). *Eimeria* sp. ooksiti, bozulmalara dirençli (mekanik, kimyasal ve proteolitik) sağlam bir duvardır. Duvar, çift katmanlı lipit ve proteinden oluşmaktadır. Protein tabakası aşırı soğuğa ve ısıya karşı dayanırken, lipit tabakası kimyasal hasara karşı bir yastık görevi görmektedir (Mai & ark., 2009; Fatoba & Adeleke, 2018).



Şekil 1: Tavuklarda *Eimeria* spp. yaşam döngüsünün şematik gösterimi

Parazitler, sporlu ookistlerle kirlenmiş su veya gıda yoluyla dışkı-ağız yoluyla tavuklar arasında bulaşır (1). Yutulmasının ardından, ookistlerde bulunan sporosistlerden sporozoitler gastrointestinal sistemde serbest bırakılır (2). Sporozoitler, türüne bağlı olarak farklı bölgelerde bulunan bağırsak epitel hücrelerine girer (3) ve burada, şizogoni geçirdikleri parazitofor vakuol (PV) içinde gelişirler (4), trofozoitler oluşturarak olgunlaşmamış ve olgun şizontlara dönüşürler. İki ila dört tur şizogoniden sonra (5), merozoitler yeni hücrelere girerek gametogoniye başlarlar (6). Makrogametlerin mikrogametler tarafından döllenmesiyle zigot oluşur, bu zigotlar daha sonra dışkıyla atılan olgunlaşmamış ookistlere (7) dönüşür. Çevrede sporogoni geçirerek yaşam döngüsünü yeniden başlatırlar.

İki tür ooksit mevcut olup bunlardan sporlanmamış olanı bulaşıcı değilken, sporlaşmış olanı bulaşıcıdır (Lal & ark., 2009). Sporlaşmamış dışkı yoluyla çevreye salınır ve enfeksiyöz değildir. Uygun sıcaklık (yaklaşık 30 °C) ve nemle 48 saat sonra sporlanmamış ooksitler, sporlanmış ooksitlere dönüşebilirler bu işleme sporülasyon denmektedir (Quiroz-Castañeda & Dantán-González, 2015). Sporlanmış ookist ise, dışkı veya oral yolla konakçıya bulaşana kadar uzun süre canlı kalabilmektedir (Price & Barta, 2010). Ayrıca, *Eimeria* sp. protozoaları türlerine göre farklılık göstererek gelişimi (endojen ve ekzojen) 4 ile 7 gün arasında değişim gösterir (de Freitas & ark., 2023).

Türlerin tanımlanmasında yararlı olan kriterler aşağıdaki gibi özetlenebilir (Allen & Fetterer, 2002; McDougald, 2003);

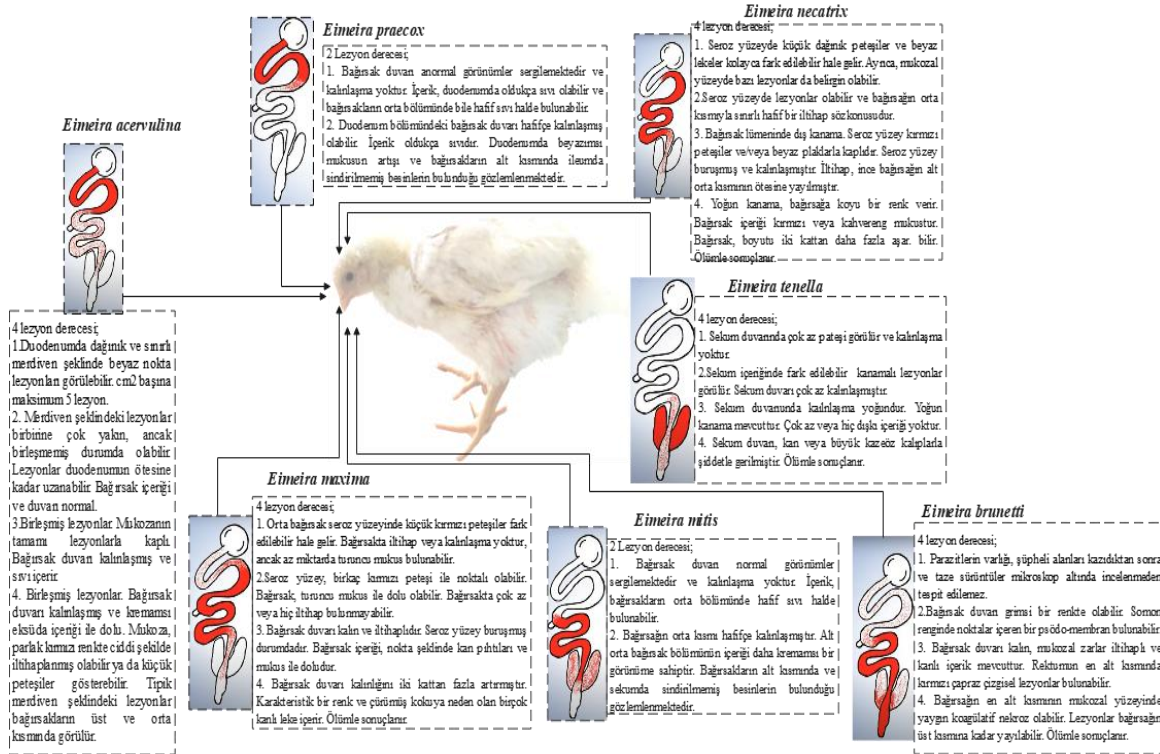
1. Lezyonun bağırsaktaki yeri.
2. Lezyonların makroskopik görünümü.
3. Ookist boyutu, şekli ve rengi.
4. Şizont ve merozoitlerin boyutu.
5. Deneysel enfeksiyonda minimum prepatent süresi.
6. Parazitin dokulardaki yeri.
7. Referans suşa karşı immünojenite.
8. En fazla doku hasarına neden olan yaşam döngüsü aşaması.
9. Moleküler ve biyolojik yaklaşım metabolik enzimler ve PCR.

Koksidiyozis enfeksiyonunun ilk adımı ooksitler tarafından kirletilmiş yiyecek, toz ve suyun yutulmasıdır. Ooksitler yutulduktan sonra taşlıktaki öğütme işlemi ve üst bağırsakta sindirim enzimlerinin etkisine maruz kalırlar. Serbetleşen sporozoitler aktif olarak bağırsağın epitel dokusunu delerler ve daha sonra villusun lamina propriası boyunca magrofajlar içinde taşınarak bağırsak bezlerinin derinliklerindeki epitel ulaşırlar ve burada daha fazla

gelişim gösterirler. Çoğu *Eimeria* sp. spesifik bir istila yeri vardır (Şekil 2). Tavuklarda bu yerler hastalığın tanısal özellikleri olarak kullanılmaktadır (McDougald, 2003; Elmusharaf & Beynen, 2007).

3. Tavuklarda Koksidiyozsun Teşhisi ve Tanımlanması

Tavuklarda tespit edilen 7 *Eimeira* sp. her biri, civcivin sindirim kanalında gelişimsel olarak belirli bir konuma sahiptir. Yapılan bir çalışmada ilk 6 hafta içinde tek bir sürüden alınan gübre örneklerinde en az altı türün (örneğin, *E. acervulina*, *E. maxima*, *E. tenella*, *E. brunetti*, *E. mitis* ve *E. praecox*) bulunmasının muhtemel olduğu belirlenmiştir (Williams, 1995). Beş türün, yani *E. acervulina*, *E. brunetti*, *E. maxima*, *E. necatrix* ve *E. tenella*'nın tanımlanması, karakteristik kaba lezyonlara dayalı olarak nispeten daha kolay olup, enfeksiyonun lokalize olduğu bölgeye göre bağırsakta karakteristik doku hasarlarına yol açar. Örneğin *Eimeria acervulina*; ince bağırsağın üst kısmında beyaz lezyonlara sebep olurken, *Eimeria maxima*; orta ince bağırsakta büyük, düzensiz kanamalara ve ödeme sebep olur. *Eimeria tenella* ise kör bağırsakta şiddetli kanamalardan sorumludur (Şekil 2). Bu türlerin patojenitesi orta ile şiddetli arasında değişmektedir.



Şekil 2: Eimeria sp. barsaklardaki lezyon bölgeleri ve lezyon skorları

E. praecox ve *E. mitis* patojenik olmayan türler olarak kabul edilse de, bu türlerle yapılan deneysel enfeksiyonlar enterit, ishal ve yem tüketiminin azalması gibi belirtilerle kendinin gösterir (Williams, 1998); bu nedenle, bu türlerin de mutlaka kontrol edilmesi gereken koksidiyal listesine dahil edilmesi gerekmektedir. Genel olarak, en patojen beş tür klinik belirtiler, karakteristik doku lezyonları, prepatent dönem, ookist boyutu ve hücre içi evrelerin morfolojisine dayalı olarak konakta ayırt edilebilir.

Her bir türün prepatent (ookistlerin dışkıda ilk kez ortaya çıkma) süresi farklıdır ve bu süre enfeksiyonun seyrini belirlemede yardımcı olabilir ve bu süre genellikle 4-5 gün arasında değişir. Türlerin ookistleri mikroskopik olarak incelendiğinde, boyut, şekil ve morfolojik farklılıklar tanımlamada kritik bir rol oynar. Örneğin; *Eimeria acervulina* küçük ve oval ookistler, *Eimeria maxima* ise daha büyük ve eliptik ookistlerdir. Trofozoit, şizont ve gamont gibi hücre içi evrelerin yapısal özellikleri de tanı için kullanılabilir. Ayrıca enfekte doku örneklerinin mikroskopik incelemesi, hangi *Eimeria* türünün enfeksiyona neden olduğunu belirlemeye yardımcı olabilir. Farklı türlerin bağırsak mukozasında farklı seviyelerde hücre hasarına neden olduğu gözlemlenebilir. Günümüzde artık tür seviyesinde kesin tanı için moleküler biyoloji teknikleri, özellikle PCR (Polimeraz Zincir Reaksiyonu), giderek daha yaygın hale gelmiştir. Bu yöntem, spesifik *Eimeria* türlerine özgü DNA dizilerinin tanımlanmasını sağlar. Tür seviyesinde tanı koymak için yukarıda bahsedilen klinik, morfolojik ve moleküler yöntemlerin kombinasyonu kullanılmaktadır. Bu kombinasyon, farklı *Eimeria* türlerinin yol açtığı enfeksiyonların etkili bir şekilde teşhis edilmesini ve kontrol stratejilerinin geliştirilmesini sağlar.

4. Koksidiyozis Enfeksiyonunu Etkileyen Etmenler

4.1. Yaş

Yaşlı tavukların enfeksiyona karşı nispeten dirençli oldukları belirtilirken yapılan çalışmaların çoğunda, enfeksiyon prevalansının

daha genç civcivler arasında arttığı bildirilmiştir (McDougald, 2003; Bachaya & ark., 2012; Ola-Fadunsin, 2017).

4.2. Genetik

Tavukların genetiği, parazitlerin gelişimini ve lezyonların şiddetini etkiler ve enfeksiyona karşı bağışıklık ile potansiyel olarak ilişkilidir (Clare & ark., 1985). Örneğin, enfeksiyona duyarlılık yumurtacı tavuklarda etlik piliçlere göre daha fazladır (Williams & Catchpole, 2000). Lillehoj, Allen & Ruff (1986), tavukların farklı hatlarının aynı *Eimeria* enfeksiyonlarına oosit üretimi, lezyon skoru ve klinik belirtilerle farklı duyarlılıklar gösterdiğini bildirmişlerdir.

4.3. Sürü Büyüklüğü

Büyük işletmeler daha fazla su, yem ve altlık gereksinimine ihtiyaç duyar ve daha yüksek miktarda dışkı üretir; bu nedenle subklinik koksidiyozis enfeksiyonunun potansiyel bir kaynağı olarak hareket edebilirler (Razmi & Kalideri, 2000).

4.4. Mevsim

Etlik piliçlerde klinik veya subklinik koksidiyozis prevalansı, ilkbahar ve kış aylarında oositlerin hayatta kalması olasılığı sonbahar ve yaz aylarına göre daha yüksektir (Razmi & Kalideri, 2000). Sporulasyon, altlık içindeki yüksek nemi teşvik eder ve tavuk çiftliklerinde oositlerin yayılmasını artırır (Abd El-Wahab & ark., 2013). Yapılan bir çalışmada koksidiyozis kış aylarında düşük bir prevalansa (% 20.29) sahipken, sonbaharda en yüksek prevalansa (% 45.12) ulaşmış, bunu yaz (% 30.84) ve ilkbahar (% 23.81) takip etmiştir (Ahad, Tanveer & Malik, 2015).

4.5. *Eimeira* Türleri ve Enfektif Dozları

Kanatlılarda enfeksiyonun şiddeti, doğrudan parazit türü, ilgili özel izolat veya suş ve alınan oosist sayısı ile ilişkilidir (Dakpogan & ark., 2012). Nahed & ark. (2022), 2 haftalık civcivlerin *E. tenella* İskenderiye suşu ile 10^4 ve 25×10^3 oosit dozları ile inoküle edilmesi sonucunda sırasıyla % 34.48 ve % 60 mortalite görüldüğünü bildirmiştir. Ayrıca *E. tenella* Beheira suşu ise 10^4 ve

25×10^3 oksit dozlarıyla sırasıyla % 0 ve % 33.33 mortalite ile sonuçlanmıştır.

4.6. İlaçlar ve Diğer Stres Faktörleri

Yemlere aşırı düzeyde antikoksidial eklenmesi, direnç gelişimine ve kötü altlık yönetimine yol açmaktadır. Altlığın temizlenmemesi ve yetersiz sterilizasyon, oksitlerin sporulasyonu için optimal sıcaklık (24–28 °C) ve nisbi nem (% 30’dan fazla) sağlayabilir (Chanie, Negash & Tilahun, 2009). Koksidiyozis epidemiyolojisindeki ana faktörler, ortamda uzun süre bulunan sporlanan oksitlerin varlığı, kötü havalandırma, yerleşim sıklığı, diyet değişiklikleri, yetersiz havalandırma ve aşılama stresi gibi stres faktörleri bağışıklık sisteminin aktivitesinin azalmasına veya baskılanmasına neden olur (Chanie, Negash & Tilahun, 2009). Aşılama ve yerleşim sıklığı gibi stres faktörlerinin *E. tenella*’nın etlik piliçlerde etkilerini inceleyen Awadalla (1998) 3 günlük civcivlere 10^4 *E. tenella* sporlanmış oksit, aynı civcivlere 28. günde 15×10^3 *E. tenella* oksit ile tekrar enfekte ettiklerinde aşırı kalabalık ortamda tavukların kortikosteron seviyelerinin yükseldiğini ve toplam protein, kalsiyum, glukoz ve fosfor seviyelerinin düştüğünü ortaya koymuştur. Aşılama yapılmış kalabalık grupta en yüksek mortalite, oksit üretimi, özefagus indeksleri gözlemlenirken, en düşük vücut, dalak, bursa ve timus ağırlıkları tespit edilmiştir (Awadalla, 1998). Schneiders & ark. (2020), et tavuklarında *Eimeria maxima*’nın patogenezinde sıcaklık stresinin etkisini incelemiş ve sıcaklık stresinin *E. maxima* enfeksiyonunun patogenezinde önemli derecede zararlı bir etki yarattığını göstermiştir. Sıcaklık stresine maruz kalan tavuklarda parazitin kısıtlayıcı bir şekilde çoğaldığını, oksit atılımında önemli ölçüde azalma ve bağırsak kan bariyerinin bozulduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, gamet füzyonu, oksit atılımı, mitoz ve spermiyogenez ile ilişkili *Eimeria* türü genlerinin aşağı düzenlenmesi, sıcaklık stresine maruz kalındığında in vivo parazit gelişimini azaltabilecek sitokin ifadesinde değişikliklere yol açmıştır (Schneiders & ark., 2020).

5. Koksidiyozistin Geleneksel Yöntemlerle Kontrolü

Koksidiyozis uzun yıllardır bilinen bir hastalık olsa da tedavisine yönelik farklı yöntemler denenmiş ve denenmeye devam etmektedir. Kanatlı koksidiyozis tedavisinde kullanılan bu yöntemlerin başında antikoksidiyoz ilaçlar ve aşılar gelmektedir.

5.1. Antikoksidiyal İlaçlar

Antikoksidiyal ilaçlarla profilaktik kontrol 50 yıldan uzun bir süredir kanatlı hayvancılık sektöründe koksidiyozisti önlemek veya tedavi etmek amacıyla antikoksidiyal yem katkı maddeleri olarak kullanılmaktadır. Antikoksidiyaller genellikle birden fazla biyokimyasal etkiye sahiptir, ancak her kimyasal bileşik sınıfı parazit üzerinde uyguladığı etki türü ve gelişim aşaması bakımından farklılık göstermektedir. Antikoksidiyal ilaçlar ve bunların etki mekanizmaları çeşitli literatürlerde tanımlanmış (Chapman, 1997; Jeffers, 1997; Allen & Fetterer, 2002; Elmusharaf & Beynen, 2007) ve aşağıda derlenmiştir.

1. Kofaktör sentezini etkileyen ilaçlar: Birkaç ilaç, önemli bir kofaktöre bağlı olan biyokimyasal yolları etkiler. Etki spektrumunu iyileştirmek için sıklıkla amprolium ile birlikte kullanılan ethopabat, bir folat antagonisti olup para-aminobenzoik asit (PABA) sentezindeki bir adımı bloke eder ve vitaminlerin nükleik asitlerinin oluşumunu önlemektedir. *Eimeria maxima* ve *Eimeria brunetti*'ye karşı en etkili olan ilaçlardır. Örneğin, amprolium parazit tarafından tiaminin alınmasını rekabetçi bir şekilde engeller.

2. Mitokondriyal işlevi etkileyen ilaçlar: Bu ilaçlar *Eimeria*'nın sitokrom sisteminde enerji metabolizmasını engeller. Bu ürünler, mitokondrilerindeki elektron taşınmasını bloke ederek koksidiyanın solunumunu engeller. Buquinolate, dekokuinat ve nequinate (metil benzoquate)'in de listelendiği kinolon ilaçları, çok düşük konsantrasyonlarda antikoksidiyal aktivite göstermektedir. Kinolonlar sporozoitlerin gelişimini durdurur. Parazitin mitokondriyal solunum zincirini ya da enerji metabolizmasını inhibe ederek hücresel enerji üretimini durdurur. Antikoksidiyal ilaç direnci

göz önüne alındığında, mitokondriyi hedef alan ilaçların rotasyonel ya da kombine kullanımı hem etkinliği artırılabilir hem de direnç gelişimini yavaşlatabilir.

3. *Membran işlevini etkileyen ilaçlar:* Hücre zarının işlevi, iyon dengesi, ozmotik basınç ve hücresel metabolizma için kritik öneme sahiptir. Bu ilaçlar, *Eimeria* parazitin hücre zarını hedef alarak, zarın seçici geçirgenliğini bozar ve parazitin ölümüne yol açar. Bu gruptaki başlıca ilaçlar iyonofor antibiyotikler (monensin, lasalocid, salinomycin, maduramicin, narasin: İyonoforlar genellikle alkali metal katyonları (Na^+ , K^+ ve Ca^{++}) ile lipofilik kompleksler oluşturma ve bu katyonları hücre zarından taşıma ve daha sonra sodyum iyonlarının akışı gibi iyon taşınmasına bağlı bir dizi işlemi etkileme yeteneğine sahiptir ve böylece ciddi ozmotik hasara neden olur), aprolium (parazitin hücre zarındaki tiamin taşınımını bozarak etki gösterir).

Tek başına veya kombinasyon halinde yemlere eklenen antikoksidial ilaçların kullanımının, kanatlı koksidiyozu ile mücadelede iyi bir önleyici tedbir olup etkili olduğu kanıtlanmıştır. Ancak bu ilacın uzun süreli kullanımından sonra iyonoforlar da dahil olmak üzere tüm antikoksidial ilaçlara dirençli *Eimeria* suşlarının ortaya çıkmasına yol açar. Bu yoğun ve sürekli kullanım genetik seçim yoluyla gen sıklığının değiştirilmesine temel oluşturur. Kümes hayvanı tesislerinde koksidiyal varlığı her yerde bulunur ve büyük üreme potansiyeli, ilaç direncinin gelişmesine yol açan büyük bir genetik çeşitlilik rezervuarı oluşturur. Ayrıca, *Eimeria*'nın yaşam döngüsü eşeysiz ve eşeyli aşamalardan oluşan karmaşık bir dönemi içerir. *Eimeria*'nın eşeysiz aşamasının çekirdekleri haploid tamamlayıcı kromozomlar içerirken, çoğu ilaç bu haploid aşamaya karşı aktiftir ve en hassas olanların çıkarılmasıyla sonuçlanarak daha dirençli olanların artmasına ve böylece parazit popülasyonunda hızla yayılan baskın fenotip haline gelmesine olanak tanır. Bu direnç, kinolonlar ve klopidozol durumunda olduğu gibi hızla gelişebilir veya polietar iyonoforları durumunda olduğu gibi koksidiyalın toleranslı hale gelmesi birkaç yıl sürebilmektedir. Ayrıca, satışa sunulan kanatlı ürünlerinde ilaç kalıntısı bulunmasına dair endişeler göz

önüne alındığında özellikle halk sağlığı açısından oluşturduğu risk yönünden kemoterapotik ilaçların kullanımına mesafeli yaklaşılmaktadır (Chapman, 1994, 1997, 1998; Allen & Fetterer, 2002; McDougald, 2003; Quiroz-Castañeda & Dantán-González, 2015; Cai & ark., 2022).

5.2. Aşılar

Kanatlı hayvanların antikoksidiyal ilaçlara direnç geliştirmesi ve bazı ilaçların yasaklanmasıyla birlikte koksidiyozise karşı aşı uygulamalarına olan ilgi hız kazanmıştır. Subunit ve canlı aşılar olmak üzere iki tip aşı vardır (Peek & Landman, 2011). Subunit aşılar virulent organizmadan ayrıştırılmış ve saflaştırılmış antijenik belirleyiciden oluşur. Bu aşılar *Eimeria* parazitinin doğal antijenlerinden ya da *Eimeria* parazitinin çeşitli gelişim dönemlerindeki (sporozoitler, merozoitler ve gametler) DNA'larından elde edilen rekombinant proteinlerdir. Koksidiyozise karşı güçlü koruyucu bağışıklık tepkisi oluşturabilen hiçbir antijen izole edilemediğinden bu tip aşılar çok fazla geliştirilememiştir. Canlı aşılar ise çeşitli koksidiyal türlerinin canlı ve sporlanmış ookistlerinin düşük dozlarından oluşmaktadır. Canlı aşı uygulaması ile bağışıklık sistemini güçlendirmek amacıyla hayvanlar *Eimeria* antijenlerine maruz bırakılarak hayvanların spesifik bağışıklık sistemi uyarılmaktadır. Canlı antikoksidiyal aşılar, yumurtadan çıkan civcivlere ilk 7 gün içerisinde uygulanır. Canlı aşıların asıl amacı, hayvanların enfeksiyonu tanınması ve ayrıca aşı uygulaması yapılmış damızlıklardan edilen civcivlerinde bu suşları tanıyarak direnç göstermesidir. Canlı aşılar zayıflatılmış ve zayıflatılmamış olmak üzere iki ayrılır. Zayıflatılmış aşılarından ilk olarak *E. tenella* ve daha sonra diğer suşların tavuklara enfeksiyonu sağlanmıştır. Bu parazitler bağışıklık yanıtı oluşturur ve türetildikleri orijinal suşun yaşam döngüsünün bir kısmından yoksun olduklarından üreme kapasiteleri zayıfladığı için zayıflatılmamış aşılarla kıyaslandığında potansiyel olarak daha az patojenik etkiye sahiptirler. Zayıflatılmış aşılar, parazitlerin çoğalma oranının düşmesine ve dokularda daha az hasara neden olarak hastalık riskini azaltmaktadır (Chapman & ark., 2002; Mathis & Broussard, 2006; McDonald & Shirley, 2009;

Abebe & Gugsu, 2018; Van Wijk, 2023). Zayıflatılmamış aşılar, *Eimeria*'nın doğada bulunan ve genetik olarak değiştirilmemiş türlerini içermektedir. Çoğu ticari aşı, zayıflatılmamış canlı koksidiyal oositleri içermektedir. Bunun sebebi de koksidiyozun kendi kendini sınırlayan doğasından faydalanmaktır. Ancak zayıflatılmamış aşılarda en büyük riski, aşı içerisinde kanatlılarda ciddi sorunlara neden olabilecek canlı parazitlerin varlığıdır.

Aşı uygulamasındaki en büyük dezavantaj aşı uygulamasından sonra bağışıklık yanıtının oluşması için en az 10 günlük bir sürenin gerekliliğidir. Cıvcıvlerin bu aşamada enfeksiyona maruz kalması erken gelişimin gerilemesine ve nekrotik enteritis (NE) gibi ikincil enfeksiyonlara karşı duyarlılığının arttırmasına neden olmaktadır (Stringfellow & ark., 2011; Ritzi & ark., 2016). Yapılan çalışmalar ışığında koksidiyozise karşı farklı alternatif yöntemler aranmaya başlanmış ve bu doğrultuda yapılan çalışmalar hız kazanmıştır.

6. Koksidiyozisin Alternatif Besleme Yöntemleriyle Kontrolü

Hayvanlarda koksidiyozisi engellemek için çeşitli antikoksidiyal ilaçlar, aşı uygulamaları, strese uzak tutma, hasta olan hayvanların gruplardan ayrılması, dezenfekte sıklıklarının artırılması gibi çeşitli uygulamalar yapılmıştır. Bu gibi yöntemlerin yanı sıra, bilim insanları beslemeye odaklı alternatif koruma yöntemlerine yönelmiştir. Bu yöntemler arasında probiyotikler, prebiyotikler, enzimler, vitamin ve mineraller, bitki özütleri, mantarlar, betain, n-3 yağ asitleri, tam buğday gibi maddeler yer alır (Elmusharaf & Beynen, 2007).

6.1. Probiyotikler

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından probiyotikler “konakçıya yeterli seviyede verildiğinde sağlığını olumlu yönde etkileyen canlı mikroorganizmalar” olarak tanımlanmıştır. (Gibson & Fuller, 2000; Nir & Şenköylü, 2000; FAO/WHO, 2002; Gülmez & Güven, 2002; FAO, 2016). Bir diğer ifadeyle probiyotik; konakçıya zarar vermeden bağırsak mikrobiyal dengesini

iyileştirerek faydalı etkiler yaratan canlı mikrobiyal yem katkı maddeleri olarak tanımlanmıştır. Probiyotik preparatlar, tek bir suş olan *Lactobacilli* veya *Streptococci* içerebileceği gibi, sekiz suşa kadar herhangi bir sayıda suş da içerebilmektedir. Ayrıca *Bacillus*, *Enterococcus* ve *Saccharomyces* gibi maya türleri de hayvancılıkta en sık kullanılan mikroorganizmalardır (Ergün & ark., 2002; Timmerman & ark., 2004; Peek & Landman, 2011).

Kanatlı hayvancılık sektöründe, antibiyotiklerin veya enterik enfeksiyonlarının sebep olduğu bağırsak mikroflora dengesindeki bozulmanın iyileştirilmesi amaçlı kullanılan alternatif yöntemlerden bir tanesi olan probiyotikler oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Rada & Rychlý, 1995; Line & ark., 1998; Pascual & ark., 1999). Ayrıca probiyotikler, bağışıklık sistemini destekleyici, alerji ve diğer bağışıklık hastalıklarına karşı hayvan direncini güçlendirici etkilerinden dolayı da kullanılır (Zulkifli & ark., 2000; Dalloul & ark., 2003a; Kabir & ark., 2004; Koenen & ark., 2004).

Probiyotikler bağırsak sağlığını iyileştirerek konakçının enterik patojenlere karşı direncini artırır (Jin & ark., 2000; Zulkifli & ark., 2000). Tortuero (1973), *Lactobacilli* ile enterobakteriler arasındaki antagonizmayı göstererek, laktobasillerin *E. tenella* enfeksiyonunda klinik belirtilerin şiddetini azalttığını ortaya koymuştur. Dalloul & ark. (2003b), *E. acervulina* ile enfekte etlik piliçlere verilen *Lactobacillus* içeren bir diyetin, yerel bağışıklık sistemi üzerinde immün düzenleyici bir etki sağladığını ve etlik piliçlerin *E. acervulina* enfeksiyonuna karşı direncini artırdığını bildirmişlerdir. Ayrıca, laktobasillus türlerinin in vitro ortamda *E. tenella*'nın invazyonunu inhibe ettiği rapor edilmiştir (Tierney & ark., 2004). Lee & ark. (2007), *Pediococcus acidilactici*'nin kanatlıların direncini önemli bir şekilde artırdığını ve kokidiyozisle ilişkili olumsuz büyüme etkilerine karşı kısmi koruma sağladığını bildirmiştir. *E. tenella* enfekteli tavuklara probiyotik olarak *Bacillus subtilis* ilavesi canlı ağırlık kazancını artırmıştır ve toplam fekal ookist sayısını azaltmıştır (Yang & ark., 2021). *E. tenella*'ya karşı *L.*

plantarum (Mohsin, Zhang & Yin, 2022) ve *B. subtilis* (Memon & ark., 2021) kullanımı toplam fekal ookist sayısını düşürmüştür.

6.2. Prebiyotikler

Gibson & Roberfroid (1995) prebiyotikleri; konakçı üzerinde faydalı etkileri olan, bir veya sınırlı sayıdaki bakterilerin büyümesini ve aktivitesini seçici olarak uyaran, sindirilemeyen bir diyet bileşiği olarak ifade etmiştir. Prebiyotikler geleneksel olarak fruktooligosakkaritler (FOS), galaktooligosakkarit (GOS) ve mannan-oligosakkarit (MOS) gibi kısa zincirli karbonhidratlardır ve kanatlı hayvan besleme araştırmalarında yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Temelde bu bileşenler, bunları tüketen hayvan tarafından kullanılmaz; ancak belirli bakteriler (örneğin, bifidobakteriler ve laktik asit bakterileri) tarafından substrat olarak kullanılabilirler. Yapılan birçok çalışmada, inulin, oligofruktan ve oligo-mannoz gibi sindirilemeyen polisakaritlerin, yararlı bakterilerin (*Bifidobacteria* ve *Lactobacillus*) büyümesini artırdığını, patojenik bakterilerin (*E. coli* ve *Salmonella*) inhibe ettiğini ve ayrıca immun sistemi uyardığını göstermiştir (Gibson & Fuller, 2000; Kaplan & Hutkins, 2000; Cummings & Macfarlane, 2002).

MOS'un etlik piliç diyetine ilavesinin, *E. tenella* nedeniyle oluşan enfeksiyonun şiddetini azalttığı bildirilmiştir (Elmusharaf & ark., 2006). Ayrıca MOS ilavesinin; *E. acervulina*, *E. maxima* ve *E. tenella* kombinasyonlarının neden olduğu enfeksiyonları da azaltmıştır (Sun & ark., 2005; Elmusharaf & ark., 2007). Ancak, biyolojik aktif bileşenlerin etkili olabilmesi için bu bileşiklerin hayvanlara tamamen kontrollü koşullar altında ve mümkün olan en erken aşamada uygulanması gerekmektedir. Tüm embriyolara erken gelişim aşamasında biyolojik aktif maddenin hassas ve eşit şekilde ulaştırılması tüm sürüde prebiyotiklerin etkilerini birleştirir ve tüm civcivlerde bağırsak mikrobiyotasının düzgün gelişimini sağlar (Pilarski & ark., 2005). Bu durumu baz alarak Angwech & ark. (2019) tavuk yumurtalarına trans-galaktooligosakkarit (Bi²tos) *in ovo* enjeksiyon uygulamasının *Eimeria* enfeksiyonunun neden olduğu

bağırsak lezyonlarının şiddetini ve ookist atılımını azalttığını vurgulamışlardır.

6.3. Enzimler

Kanatlı hayvan beslemede, eksojen enzimlerin kullanımı fikri 1990'lı yılların başına kadar uzanmakta, ancak yüksek maliyetlerden dolayı hayvan beslemede kullanımına yıllar sonra izin verilmiştir. Kullanılan enzimlerin çoğu, mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilen fermantasyondan elde edilmektedir. Tavuk diyetlerinde buğday, arpa, yulaf veya çavdar gibi hammaddeler ince bağırsakta viskozitesinde artışa, besin madde sindiriminde düşüşe, yapışkan dışkı miktarında artışa ve bunun sonucunda ıslak altlık gibi problemlere neden olmaktadır. Bu problemlerin giderilmesi amaçlı diyete ksilanazlar ve β -glukanazlar gibi ticari yem enzimleri ilave edilmektedir. Bu enzimlerin ilavesi, ince bağırsakta yüksek viskoziteye yol açan polisakkaritlerin su tutma kapasitesinin azalmasını sağlar. Ayrıca bu enzimler bağırsakta başta propiyonik asit olmak üzere uçucu yağ asitlerinin üretimini kademeli olarak iyileştirerek bağırsak mikrobiyal modülatörleri olarak işlev görür. İlk çalışmalar, bu enzimlerin viskoziteye neden olan hammaddelerle beslenen hayvanların diyetlerine eklenmesinin, sindirilebilirliği ve besi performans parametrelerini iyileştirdiğini göstermiştir.

Enzimler belirli substratları hedeflemektir (Elmusharaf & Beynen, 2007; Slominski, 2011; Kiarie, Romero & Nyachoti, 2013; Masey O'Neill, Smith & Bedford, 2014; Kiarie, Walsh & Nyachoti, 2016; Kiarie & ark., 2019; Kiarie & Mills, 2019). Eksojen enzimlerin antikoksidial aktiviteleri yoktur. Bununla birlikte, bu tür enzimlerin diyete dahil edilmesi, büyüme performansını, besin madde kullanımını, bağırsak epitel hücrelerinin bütünlüğünü veya bakteri dengesini teşvik etme üzerindeki bağımsız etkisi yoluyla koksidiyal enfeksiyonunun olumsuz etkisini azaltabilir. Örneğin, ksilanaz veya proteaz içeren enzim komplekslerinin koksidiya ile mücadele edilen etlik piliçlerde yemden yararlanma oranını önemli ölçüde azaltmıştır. Ayrıca *Eimeria* ile enfekte olmuş hayvanlarda

performansı artırmış ve bağırsak sindirim viskozitesini azaltmıştır (Walk & ark., 2011; Bozkurt & ark., 2014; Craig & ark., 2020). Diğer taraftan bağırsak sindirimi viskozitesinin *Eimeria* enfeksiyonunun şiddeti üzerinde etkisi olmadığı bildirmiştir (Banfield & ark., 1999; Waldenstedt & ark., 2000; Banfield, Kwakkel & Forbes, 2002). Bundan dolayı kanatlı hayvan beslemesinde koksidiyozise karşı diyetle enzim ilavesinin viskoziteden ziyade diğer faktörlerle daha fazla ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

6.4. Vitaminler ve Mineraller

Vitaminler kanatlı hayvan beslemede önemli bir ana yem bileşenlerinden biridir. Birçok vitamin; çeşitli enfeksiyonlara, iltihaplara ve hastalıklara karşı koruma sağlamak için bağışıklık sistemini güçlendirmek amacıyla diyetlere ilave edilmektedir. Bağışıklık durumu ve konakların *Eimeria* enfeksiyonlarını hafifletmek ve direnci etkilemek amaçlı tedavi aracı olarak vitaminler kullanılmaktadır (Elmusharaf & Beynen, 2007; Alsayeqh & Abbas, 2023).

6.4.1. Vitamin A

Vitamin A doymamış monohidrik alkollerden oluşan bir alisiklik halka içeren gruptur. Retinol, retinal ve retinoik asit formları olan ve yağda çözünebilen bileşiklerdir. Başlıca biyolojik aktiviteleri arasında görme yeteneğinin korunması, üreme, hücrel iletişim ve bağışıklık sistemin güçlenmesi gibi birçok önemli süreçte rol oynar (Ross & ark., 2000; Volpe, 2000; Sommer, 2008). Karaciğer dokusu A vitaminin deposudur ve bu organ, aktif enfeksiyon dönemi boyunca vitamin A sürelik tedarik etmesinden sorumludur (Moon, Ramkumar & von Lintig, 2022). Vitamin A eksikliğinin T-lenfosit yanıtını mitojenlere karşı baskıladığı (Friedman & Sklan, 1989b; Sklan, Melamed & Friedman, 1994) ve protein antijenlerine karşı spesifik antikor üretimini azaltmaktadır (Friedman & Sklan, 1989a). Bununla birlikte vitamin A eksikliği, tavuklarda kokidiyozis gibi enterik enfeksiyonlara karşı duyarlılığı artırır ve lokal bağışıklık yanıtlarını zayıflatarak tavukların bağırsak

lenfoid dokularında etkilerini göstermesini engeller. Ayrıca, *Eimeria* enfekteli tavukların A vitamini ihtiyacı, enfekte olmayan hayvanlara göre daha yüksek olduğu saptanmıştır (Semba, 1998; Dalloul & ark., 2003b).

Yapılan çalışmalarda, *E. tenella* ile enfekte olan tavukların, gereksinimlerinin üzerinde A vitamini içeren diyetlerle beslenmesinin, oksitlerin atılımında bir azalma olduğunu, ayrıca yüksek A vitamini ve protein seviyelerinin, akut kokidiyozis sırasında civciv ölümlerini % 25'ten % 5'e düşürdüğü vurgulanmıştır. A vitamini, bağırsak epitelinin bütünlüğünü korumada önemli bir rol oynar ve tavukçuluk sektöründe önemli bir yol oynamaktadır (Dalloul & Lillehoj, 2005; Alagawany & ark., 2021). Tavuklarda A vitamini eksikliğinin İntraepitelyal lenfositlerde (IEL) değişikliklere yol açtığı, lokal hücre aracılı bağışıklığı azalttığını ve kuşların *E. acervulina* enfeksiyonuna karşı direnç yeteneğini azalır ve böylelikle koksidiyozisten korun güçleşir (Dalloul & ark., 2002). A vitamini takviyesi, kokidiyal enfeksiyonlar sırasında meydana gelen ağır mortaliteyi, kanlı dışkıyı ve civcivlerin taraklarındaki solgunluğu önler ve *Eimeria* suşlarına karşı humoral bağışıklığı artırarak direncini artırır (Abbas, Colwell & Gilleard, 2012; Bedford & Apajalahti, 2022).

6.4.2. Vitamin E

E Vitamini, reaktif oksijen türlerinin üretimini önleyen ve serbest radikallere elektron vererek hücre zarlarında tokoferol radikalleri oluşturan ve bunları indirgenmiş aşamalarına çeviren, hücre zarlarının bütünlüğünü koruyan ve onları stabil hale getiren yağda çözünen doğal bir antioksidandır. Kas aktivitesi, doku bütünlüğü, üreme fonksiyonu, beyin yapısını koruma, bağışıklık tepkisi ve sinir sistemlerinde rol oynar. Vitamin E, tavukların bağışıklık sisteminin korumak için gerekli bir antioksidandır. Koksidiyozis ve kolibasilloz gibi bazı hastalıklara karşı bağışıklık sisteminin uyarılmasında çok önemli bir role sahiptir. Koksidiyoz sırasında, vitamin E açısından zengin diyetlerle beslenen tavuklarda, bağışıklık modülasyonu ve fagositik aktivite, ölüm oranında,

ookist atılımını, canlı ağırlık kazanımının ile ilgili iyileşmeye yönelik olumlu ilişki içerisinde (Da Silva & ark., 2009; Traber & Stevens, 2011; Ebeid & ark., 2013; Quiroz-Castañeda & Dantán-González, 2015).

Eimeria ile enfekte olmuş piliçlerin, E vitamini takviyeli yemle beslendiklerinde serumlarında yüksek antikor seviyeleri ürettiğini ortaya koymuştur. Antikorlar arasında, IgG 3-4 kata kadar üretimi daha fazla ve enfeksiyonlara karşı en aktif antikor olarak kabul edilir. Bu nedenle, E vitamini koksidiya enfeksiyonlu tavuklarda daha iyi bağışıklık ve üretken performans için diyetin gerekli bir tamamlayıcı parçası haline gelmiştir (Davison & ark., 2008; Perez-Carbajal & ark., 2010). Ayrıca *E. tenella* enfeksiyonundan sonra tavukların diyetine alfa tokoferol ilavesi, kilo alımında artış ve lezyon skorlarında azalma gözlemlenmiştir (Colnago, Jensen & Long, 1984). Jafari & ark. (2012), *E. tenella* enfeksiyonunun etlik piliçlerin diyetlerine DL- α tocopherol acetate (VE-AC) ilavesinin lipid peroksidasyonunu desteklediği ve oksidan/antioksidan sistemini iyileştirebileceğini; ancak yüksek dozların kullanılması hücrelerdeki antioksidan fonksiyonunun dengesini bozarak tavukların immünomodülatör sistemine zarar verebileceğini vurgulamıştır.

6.4.3. Vitamin C

Vitamin C (askorbik asit), beyaz kristal bir bileşik olup antioksidan ve anti-stres ajandır. Kanatlılarda Vitamin C öncelikle böbrekler tarafından sentezlenir. Bağışıklık, yem tüketimi, canlı ağırlık artışı, oksidatif stres, karkas ağırlığı, ölüm oranı, döl verimi ve semen kalitesi gibi ısı stresine bağlı sorunların iyileşmesine yönelik C vitamini önemli bir role sahiptir (Abidin & Khatoon, 2013; Ahmadu & ark., 2016). Bununla birlikte askorbik asit, subklinik koksidiyozise neden olabilen stresli durumlarla mücadelede için önemli bir vitamindir (Ahmadu & ark., 2016; Nahed & ark., 2022). Diğer vitaminlerle sinerjik bir ilişkiye sahip olan vitamin C, koksidiyoz ile enfekte olmuş tavuklarda tonik etki yapmaktadır. Enfekte olan tavukların diyetlerine vitamin C ilavesi,

parazit üremesini ve kanama olaylarını engelleyerek yaraların daha hızlı iyileşmesini, kolajen üretimi ve bağ doku oluşumuna olumlu bir tepki gösterir (Nahed & ark., 2022; Penny & ark., 2022).

C vitamininin önemli bir işlevi, kanatlıların bağışıklık sistemini etkileyen endokrin sistemini düzenlemektir (Fathima & Selvaraj, 2022). Ayrıca koksidiya ile mücadele eden kanatlılar, bağırsak gelişimini, mukozal bağışıklığı ve bağırsak mikrobiyomunun gelişimini etkileyerek yumurta kütleğinde, yem değerlendirme oranında ve bağırsak sağlığında iyileşme göstermiştir (Abdel-Moneim & ark., 2021). Koksidiyozisle enfekte olmuş tavukların plazmalarında, askorbik asit seviyelerinde azalma meydana gelir. Challey (1960), *Eimeria tenella* enfekte olmuş tavukların askorbik asit seviyelerinde önemli bir düşüş bildirmiştir.

6.4.4. Selenyum

Selenyum (Se), selenoproteinleri oluşturmada yer alan, vücut için önemli bir iz mineraldir. Selenoproteinler, hücresel hasarı önleyen ve serbest radikallere karşı hücreyi koruyan temel antioksidan enzimlerdir. Kanatlı hayvanlarda selenyumun glutatyon peroksidazları (GPx) ile doğrudan ilişkisi olduğundan oldukça önemlidir. Bu nedenle Se vücut savunma sisteminde önemli bir rol oynamaktadır. Selenyumun hayvan vücudundaki antioksidan ağını düzenlediğinden dolayı antioksidan sistemin ana sorumlusu olarak düşünülmektedir. Antioksidan sistemdeki işlevinden dolayı Se, tavukların beslenmesinde büyük önem kazanmıştır. Ayrıca diyetlerine Se ilave edilen tavukların, çeşitli parazitik hastalıklar sırasında lipid peroksidasyonu durumunda koruyucu bir mekanizmaya sahip olduğu gözlemlenmiştir. Selenyumunun düşük miktarda emilimi, *Eimeria* türlerinin bağırsağa geniş çapta zarar vermesi ve bunun sonucunda tavuklarda ciddi koksidiyozis ile sonuçlanmasına neden olur. *Eimeria tenella* ile enfekte olmuş tavuklarda bozulmuş kan antioksidan durumun gözlemlenmiştir. Koksidiyozis sırasında tavuklarda malondialdehit konsantrasyonlarının arttığı, süperoksit dismutaz ve Se-glutatyon peroksidaz miktarlarının azaldığı, eritrosit katalaz aktivitelerinin

arttığı ve bazı vitaminler ile Se seviyelerinin düştüğü de bildirilmiştir. Düşük dozlarda diyetle Se takviyesinin *E. acervulina* ile enfekte tavuklarda antioksidan bağımlı koruyucu mekanizmayı teşvik edebileceğini doğrulamıştır (Surai, 2002; Surai, 2006; Gabrashanska & ark., 2009; Georgieva & ark., 2011a; Abbas & ark., 2013; Karadas, Møller & Karageçili, 2017; Hafeez & ark., 2020; Alsayeqh & Abbas, 2023).

6.4.5. Çinko

Çinko (Zn), birçok enzimin içinde bulunan bir iz mineraldir ve katalitik özellikleri ile adsorpsiyon yeteneği sayesinde birçok hücresel aktivitede rol oynar. Çinko, dengeli bir redoks durumu, bağışıklık sisteminin gelişim için temel öneme sahiptir. Genellikle yemlere ilavesi antioksidan dengesinin korunmasına yardımcı olur. Hücre membranı lipidlerinde, reaktif oksijen türlerinin birincil hedefleri, lipid peroksidasyonuna neden olan çoklu doymamış yağ asitleridir. Çinko gibi iz elementlerin azalmasının, antioksidan enzimlerin aktivitesinde bir düşüşe yol açmamaktadır. Çinko takviyesi, özellikle katalaz ve süperoksit dismutaz gibi antioksidan enzimlerin aktivitesini arttırmaktadır. Böylece serbest radikal zincir reaksiyonunu inhibe ederek hücreyi hasardan korur. Tavukların diyetlerine Zn ilavesinin koksidiyozis üzerinde önemli bir koruyucu rolüne dair uzun süreli kanıtlar bulunmaktadır. Ayrıca diyetle Zn takviyesi, *Eimeria* enfeksiyonu olan kanatlılarda jejunumun yapısına verilen zararı ve gastrointestinal sistem lezyon skorunu önemli ölçüde azaltmaktadır. *E. acervulina* ile enfekte tavuklarda Zn-Cu karışık tuzunun etkisini incelenmiş ve bu Zn bazlı tuzun *E. acervulina* tarafından indüklenen oksidatif strese karşı iyileştirici rolünü kanıtlamıştır. Bu da enfekte hayvanlardaki enzimlerin aktivitesini artırarak Zn'nin antioksidan rolünü ortaya koymaktadır (Evans & Halliwell, 2001; Bou & ark., 2005; Georgieva & ark., 2011b; Dkhil, Al-Quraishy & Wahab, 2015; Zaghari & ark., 2023).

6.5. Esansiyel Yağlar

Esansiyel yağlar (EO), bitkilerin tohum, çiçek, yaprak, kök, dallar, meyve ve kabuklarından elde edilen aromatik yağlı sıvılardır.

Esansiyel yağlar, düşük kaynama noktalarına sahip fenilpropenler ve terpenlerden oluşan karmaşık karışımlardır. Aromatik bitkilerden Eo elde etmek için genellikle damıtma yöntemi kullanılmakta ve özellikle de buhar damıtmasıyla elde edilir ve parfüm amaçlı kullanılır. Geleneksel kullanımlarının yanı sıra, son yıllarda yapılan deneysel amaçlı çalışmalarda, birçok faydalı etkisini rapor edilmiştir. Bu etkiler arasında lipid metabolizması üzerindeki olumlu etkileri, sindirimi teşvik etme yetenekleri, antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri ile anti-inflamatuar potansiyelleri bulunmaktadır. Bunların dışında esansiyel yağlar, makrofajlarda nitrojen oksit üretimini inhibe eder. Böylelikle makrofajlardaki nitrojen oksit, mikrobiyal enfeksiyonlarla savaşmaya yardımcı olur ve bağışıklık yanıtı için gereklidir (Acamovic & Brooker, 2005; Bakkali & ark., 2008; Abbas, Colwell & Gilleard, 2012; Bayaz, 2014).

Lavanta, vanilya, sandal ağacı, kekik, tarçın, portakal, papatya, okaliptüs, nane, limon ve karanfil gibi bitkilerden elde edilen esansiyel yağların hem bakteri hem de *Eimeria* türlerinin aktivitelerini azaltır. Kekik esansiyel yağlarının başlıca bileşenleri olan karvakrol ve timolün, bağırsak bütünlüğünü koruyarak anti-koksidiyal etkinlik sağladığı düşünülmektedir. Ayrıca, diğer konvansiyonel anti-koksidiyal maddelerin aksine, koksidiyozis kontrolünde diyetlerin bir parçası olarak esansiyel yağların kullanımı, ooksistleri hedef almaya odaklanmaktadır. *Artemisia*, kekik, çay ağacı ve karanfil gibi esansiyel yağlarla yapılan in vitro çalışmalarda *Eimeria* ooksistlerinin 3 saatlik bir temas süresinin ardından yok edildiği bildirilmiştir. Esansiyel yağların etki mekanizması henüz tam olarak bilinmemekle birlikte, parazitin en dayanıklı yapısı olan ooksistlerin yok edilmesi için doğal maddelerin kullanımı konusunda önemli bir madde olmuştur (Silva & ark., 2009; Remmal & ark., 2011; Bona & ark., 2012).

6.6. Flavoidler

Flavonoidler, birçok bitkide yaygın olarak bulunan, çevresel zorluklara karşı koruma sağlayan ve aynı zamanda polinatörler için

çekici görevi gören, polifenolik yapıya sahip bitki sekonder metabolikleri sınıfına aittir bileşiklerdir (Panche, Diwan & Chandra, 2016). Doğal olarak bulunan sekiz bin fenolik bileşen arasında en büyük bitki fenolik grubunu flavonoidler oluşturur (Ruberto & ark., 2007). Flavonoidler, hayvanlarda anti-inflamatuar ve antibakteriyel aktiviteler de dahil olmak üzere çeşitli rollere sahiptir (Buiatte & ark., 2022). Fenolik bileşenlerin sağladığı olumlu etkiler, genellikle antioksidan aktivitelere yorumlanmaktadır. Sağlık sektöründe flavonoidlerin yaygın olarak, çeşitli nutrasötik, farmasötik, tıbbi ve kozmetik uygulamalarında kullanılmaktadır. Bunun nedeni, anahtar hücresel enzim fonksiyonlarını modüle etme kapasiteleri ile birlikte antioksidan, anti-inflamatuar, anti-mutajenik ve anti-kanserojen etkilerinden kaynaklanmaktadır (Walker & ark., 2000; Panche, Diwan & Chandra, 2016).

Flavonoidlerin serbest radikalleri temizleyerek ve oksidatif reaksiyonları sonlandırarak güçlü antioksidanlar olarak işlev görebilmektedir (González-Paramás & ark., 2004; Yilmaz & Toledo, 2004; Ruberto & ark., 2007). Birden fazla hidroksil grubuna sahip flavonoidler ise aynı zamanda pro-oksidan etkisi gösterebilir (Heim, Tagliaferro & Bobilya, 2002; Miguel, 2010). Flavonoidlerin önerilen etki mekanizması, hidroksil grubunun iç hücre zarında bulunan reaktif oksijen türleri (ROS) tarafından oksitlenmesiyle pro-oksidan hale dönüşmesidir. Bu, lipitleri, proteinleri ve DNA'yı oksitleyerek hasar görmüş hücrelerin potansiyel mutantlarını ortadan kaldırabilir ve geç nekroza veya apoptoza yol açabilir (Bakkali & ark., 2008).

Flavonoidler, iyi bilinen oksidatif stres azaltıcı aktiviteleri nedeniyle koksidiyozisi kontrol etme potansiyeline sahiptir (Osinaike & ark., 2020; Scicutella & ark., 2021; Biallah & ark., 2022). Flavonoidler ayrıca hücre zarlarına nüfuz ederek, sporozoit ve ooksit ölümlerine neden olabilirler (Ahmed & ark., 2022; Murshed, Al-Quraishy & Qasem, 2022). Koksidiyozis tedavisinde alternatif bir strateji olarak, polifenolik bileşenler içeren tıbbi bitkiler ve yem bitkileri üzerinde birçok araştırma gerçekleştirilmiştir. E. tenella enfeksiyonuna karşı üzüm çekirdeği proantosiyanidin ekstresinin antikoksidiyal etkisi üzerine yapılan bir çalışmada,

mortalitede önemli bir azalma ve hayvanların performansında iyileşme gözlemlenmiştir (Wang & ark., 2008). Proantosiyanidinler, serbest radikal temizleme aktivitesine sahip çok işlevli ve güçlü antioksidanlardır (Cos & ark., 2004). Ayrıca, proantosiyanidinler, lipopolisakaritlerin indüklediği pro-inflamatuar sitokin ve kemokin yanıtlarını inhibe etme potansiyeline sahiptir (Bodet, Chandad & Grenier, 2006). Prenilatlanmış bir flavonoid olan ksantohumol (XN), şerbetçi otu bitkisinden elde edilmiştir ve tavuklarda farklı *Eimeria* türlerine karşı anticoccidial aktivite gösterdiği bildirilmiştir (Allen, 2007).

Sonuç

Koksidiyoz, kümes hayvanlarında önemli ekonomik kayıplara yol açan önemli bir bağırsak paraziti hastalığı olup tavuklarda farklı patojeniteye sahip çeşitli *Eimeria* türleri hastalığa neden olmaktadır. Koksidiyozun ortaya çıkışı, etken, konak, yönetim uygulamaları ve çevresel risk faktörlerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. *Eimeria* türlerinin neden olduğu lezyonların varlığı ve etkilenen bağırsak bölgesi, histopatolojik incelemelerle birlikte daha doğru bir teşhis koyulmasına yardımcı olur. Koksidiyozun kontrolü ve önlenmesinde çeşitli antikoksidiyal ilaçlar, aşı uygulamaları, stresten uzak tutma, hasta olan hayvanların gruplardan ayrılması, dezenfekte sıklıklarının artırılması gibi çeşitli uygulamaların yapılması yanı sıra bilim insanları beslemeye odaklı alternatif koruma yöntemlerine yönelmiştir. Bu yöntemler arasında probiyotikler, prebiyotikler, enzimler, vitamin ve mineraller, bitki özütleri, mantarlar, betain, n-3 yağ asitleri, tam buğday gibi maddeler yer alır. Sonuç olarak, tavuklarda hastalığı önlemek ve kontrol altına almak için uygun tanı yöntemleri ve biyogüvenlik önlemleri, yönetim uygulamaları gerçekleştirilmelidir. Kümes hayvancılığı açısından ekonomik olarak önemli bu parazitik hastalığı kontrol altına almak için, sürdürülebilir en etkin kontrol yöntemlerini geliştirmek amacıyla daha fazla araştırma yapılmalıdır.

Kaynaklar

Abbas, R., Colwell, D., & Gilleard, J. (2012). Botanicals: An alternative approach for the control of avian coccidiosis. *World's Poultry Science Journal*, 68(2), 203-215.

Abbas, R., Iqbal, Z., Mansoor, M., Sindhu, Z., Zia, M., & Khan, J. (2013). Role of natural antioxidants for the control of coccidiosis in poultry. *Pak. Vet. J*, 33(4), 401-407.

Abd El-Wahab, A., Visscher, C. F., Wolken, S., Reperant, L. M., Beineke, A., Beyerbach, M., & Kamphues, J. (2013). Outcome of an artificial coccidial infection in poults under the influence of floor heating. *Poultry Science*, 92(3), 629-637.

Abdel-Moneim, A.-M. E., Shehata, A. M., Khidr, R. E., Paswan, V. K., Ibrahim, N. S., El-Ghoul, A. A., . . . Elbaz, A. M. (2021). Nutritional manipulation to combat heat stress in poultry—a comprehensive review. *Journal of Thermal Biology*, 98, 102915.

Abebe, E., & Gugsa, G. (2018). A review on poultry coccidiosis. *Abyssinia Journal of Science and Technology*, 3(1), 1-12.

Abidin, Z., & Khatoon, A. (2013). Heat stress in poultry and the beneficial effects of ascorbic acid (vitamin c) supplementation during periods of heat stress. *World's Poultry Science Journal*, 69(1), 135-152.

Acamovic, T., & Brooker, J. (2005). Biochemistry of plant secondary metabolites and their effects in animals. *Proceedings of the Nutrition Society*, 64(3), 403-412.

Acharya, K., & Acharya, N. (2017). Alternatives to fight against coccidiosis: A review. *Nepalese Veterinary Journal*, 34, 152-167.

Ahad, S., Tanveer, S., & Malik, T. A. (2015). Seasonal impact on the prevalence of coccidian infection in broiler chicks

across poultry farms in the kashmir valley. *Journal of parasitic diseases*, 39, 736-740.

Ahmadu, S., Mohammed, A., Buhari, H., & Auwal, A. (2016). An overview of vitamin c as an antistress in poultry. *Malaysian Journal of Veterinary Research*, 7(2), 9-22.

Ahmed, E., Galal, M., Abdelmageed, N., Omar, M. A., Shibat Elhamd, D. M., Seddek, A.-L., & Morad, S. A. (2022). An in vitro evaluation of the inhibitory effects of an aqueous extract of acacia nilotica on eimeria tenella. *SVU-International Journal of Veterinary Sciences*, 5(4), 33-40.

Alagawany, M., Elnesr, S. S., Farag, M. R., Tiwari, R., Yattoo, M. I., Karthik, K., . . . Dhama, K. (2021). Nutritional significance of amino acids, vitamins and minerals as nutraceuticals in poultry production and health—a comprehensive review. *Veterinary Quarterly*, 41(1), 1-29.

Allen, P. C. (2007). Anticoccidial effects of xanthohumol. *Avian Diseases*, 51(1), 21-26.

Allen, P. C., & Fetterer, R. (2002). Recent advances in biology and immunobiology of eimeria species and in diagnosis and control of infection with these coccidian parasites of poultry. *Clinical Microbiology Reviews*, 15(1), 58-65.

Alsayeqh, A. F., & Abbas, R. Z. (2023). Nutritional supplements for the control of avian coccidiosis—a review. *Annals of Animal Science*, 23(4), 993-1007.

Amerah, A., & Ravindran, V. (2015). Effect of coccidia challenge and natural betaine supplementation on performance, nutrient utilization, and intestinal lesion scores of broiler chickens fed suboptimal level of dietary methionine. *Poultry Science*, 94(4), 673-680.

Angwech, H., Tavaniello, S., Ongwech, A., Kaaya, A. N., & Maiorano, G. (2019). Efficacy of in ovo delivered prebiotics on

growth performance, meat quality and gut health of kuroiler chickens in the face of a natural coccidiosis challenge. *Animals*, 9(11), 876.

Awadalla, S. (1998). Effect of some stressors on pathogenicity of eimeria tenella in broiler chicken. *Journal of the Egyptian Society of Parasitology*, 28(3), 683-690.

Bachaya, H., Raza, M., Khan, M., Iqbal, Z., Abbas, R., Murtaza, S., & Badar, N. (2012). Predominance and detection of different eimeria species causing coccidiosis in layer chickens. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 22(3), 597-600.

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils—a review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446-475.

Banfield, M., Kwakkel, R., & Forbes, J. (2002). Effects of wheat structure and viscosity on coccidiosis in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 98(1-2), 37-48.

Banfield, M., Kwakkel, R., Groeneveld, M., Doeschate, R. T., & Forbes, J. (1999). Effects of whole wheat substitution in broiler diets and viscosity on a coccidial infection in broilers. *British poultry science*, 40(S1), 58-60.

Bayaz, M. (2014). Esansiyel yağlar: Antimikrobiyal, antioksidan ve antimutajenik aktiviteleri. *Akademik Gıda*, 12(3), 45-53.

Bedford, M., & Apajalahti, J. (2022). The influence of nutrition on intestinal disease with emphasis on coccidiosis. *Avian Pathology*, 51(6), 504-520.

Biallah, M., Lawal, I., Abdu, P., Okubanjo, O., & Kaze, P. (2022). Phytochemical profile of the methanolic leaf extract of vernonia amygdalina del. And in vitro anticoccidial effect of its fractions against eimeria tenella. *International Journal of Innovative Research & Development*, 11(11), 67-72.

Bodet, C., Chandad, F., & Grenier, D. (2006). Anti-inflammatory activity of a high-molecular-weight cranberry fraction on macrophages stimulated by lipopolysaccharides from periodontopathogens. *Journal of Dental Research*, 85(3), 235-239.

Bona, T. D., Pickler, L., Miglino, L. B., Kuritza, L. N., Vasconcelos, S. P., & Santin, E. (2012). Óleo essencial de orégano, alecrim, canela e extrato de pimenta no controle de salmonella, eimeria e clostridium em frangos de corte. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 32, 411-418.

Bou, R., Guardiola, F., Barroeta, A., & Codony, R. (2005). Effect of dietary fat sources and zinc and selenium supplements on the composition and consumer acceptability of chicken meat. *Poultry Science*, 84(7), 1129-1140.

Bozkurt, M., Aysul, N., Küçükyılmaz, K., Aypak, S., Ege, G., Catli, A., . . . Çınar, M. (2014). Efficacy of in-feed preparations of an anticoccidial, multienzyme, prebiotic, probiotic, and herbal essential oil mixture in healthy and eimeria spp.-infected broilers. *Poultry Science*, 93(2), 389-399.

Buiatte, V., Dominguez, D., Lesko, T., Jenkins, M., Chopra, S., & Lorenzoni, A. G. (2022). Inclusion of high-flavonoid corn in the diet of broiler chickens as a potential approach for the control of necrotic enteritis. *Poultry Science*, 101(5), 101796.

Cai, H., Luo, S., Zhou, Q., Yan, Z., Liu, Q., Kang, Z., . . . Lin, X. (2022). Effects of bacillus subtilis and coccidiosis vaccine on growth indices and intestinal microbiota of broilers. *Poultry Science*, 101(11), 102091.

Challey, J. R. (1960). The effect of cecal coccidiosis infections and experimental hemorrhage upon adrenal ascorbic acid levels in the chicken. *The Journal of Parasitology*, 46(6), 727-731.

Chanie, M., Negash, T., & Tilahun, S. B. (2009). Occurrence of concurrent infectious diseases in broiler chickens is a threat to

commercial poultry farms in central ethiopia. *Tropical Animal Health and Production*, 41, 1309-1317.

Chapman, H. (1994). Sensitivity of field isolates of eimeria to monensin following the use of a coccidiosis vaccine in broiler chickens. *Poultry Science*, 73(3), 476-478.

Chapman, H. (1997). Biochemical, genetic and applied aspects of drug resistance in eimeria parasites of the fowl. *Avian Pathology*, 26(2), 221-244.

Chapman, H. (1998). Evaluation of the efficacy of anticoccidial drugs against eimeria species in the fowl. *International journal for parasitology*, 28(7), 1141-1144.

Chapman, H., Cherry, T., Danforth, H., Richards, G., Shirley, M., & Williams, R. (2002). Sustainable coccidiosis control in poultry production: The role of live vaccines. *International Journal for Parasitology*, 32(5), 617-629.

Clare, R. A., Strout, R. G., Taylor, R. L., Collins, W. M., & Briles, W. E. (1985). Major histocompatibility (b) complex effects on acquired immunity to cecal coccidiosis. *Immunogenetics*, 22, 593-599.

Colnago, G., Jensen, L., & Long, P. (1984). Effect of selenium and vitamin e on the development of immunity to coccidiosis in chickens. *Poultry Science*, 63(6), 1136-1143.

Cos, P., Bruyne, T. D., Hermans, N., Apers, S., Berghe, D. V., & Vlietinck, A. (2004). Proanthocyanidins in health care: Current and new trends. *Current Medicinal Chemistry*, 11(10), 1345-1359.

Craig, A., Khattak, F., Hastie, P., Bedford, M. R., & Olukosi, O. (2020). Xylanase and xylo-oligosaccharide prebiotic improve the growth performance and concentration of potentially prebiotic oligosaccharides in the ileum of broiler chickens. *British poultry science*, 61(1), 70-78.

Cummings, J. H., & Macfarlane, G. T. (2002). Gastrointestinal effects of prebiotics. *British Journal of Nutrition*, 87(S2), S145-S151.

Da Silva, I., Ribeiro, A. L., Canal, C. W., Pinheiro, C., de Moraes Vieira, M., Gonçalves, T., . . . Lacerda, L. (2009). Broiler chicken responses to immunological stimuli as mediated by different levels of vitamin e in the diet. *Journal of Applied Poultry Research*, 18(4), 752-760.

Dakpogan, H. B., Salifou, S., Mensah, G. A., Gbangbotche, A., Youssao, I., Naciri, M., & Sakiti, N. (2012). Problématique du contrôle et de la prévention de la coccidiose du poulet. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(6), 6088-6105.

Dalloul, R., Lillehoj, H., Shellem, T., & Doerr, J. (2002). Effect of vitamin a deficiency on host intestinal immune response to eimeria acervulina in broiler chickens. *Poultry Science*, 81(10), 1509-1515.

Dalloul, R., Lillehoj, H., Shellem, T., & Doerr, J. (2003a). Enhanced mucosal immunity against eimeria acervulina in broilers fed a lactobacillus-based probiotic. *Poultry Science*, 82(1), 62-66.

Dalloul, R. A., & Lillehoj, H. S. (2005). Recent advances in immunomodulation and vaccination strategies against coccidiosis. *Avian Diseases*, 49(1), 1-8.

Dalloul, R. A., Lillehoj, H. S., Shellem, T. A., & Doerr, J. A. (2003b). Intestinal immunomodulation by vitamin a deficiency and lactobacillus-based probiotic in eimeria acervulina-infected broiler chickens. *Avian Diseases*, 47(4), 1313-1320.

Davison, F., Magor, K. E., Kaspers, B., Fred, D., & Karel, A. (2008). Structure and evolution of avian immunoglobulins. *Avian Immunology*, 1, 107-127.

de Freitas, L. F. V. B., Sakomura, N. K., de Paula Reis, M., Mariani, A. B., Lambert, W., Andretta, I., & Létourneau-Montminy,

M.-P. (2023). Coccidiosis infection and growth performance of broilers in experimental trials: Insights from a meta-analysis including modulating factors. *Poultry Science*, 102(11), 103021.

Dkhil, M. A., Al-Quraishy, S., & Wahab, R. (2015). Anticoccidial and antioxidant activities of zinc oxide nanoparticles on eimeria papillata-induced infection in the jejunum. *International Journal of Nanomedicine*, 1961-1968.

Ebeid, T. A., Zeweil, H. S., Basyony, M., Dosoky, W., & Badry, H. (2013). Fortification of rabbit diets with vitamin e or selenium affects growth performance, lipid peroxidation, oxidative status and immune response in growing rabbits. *Livestock Science*, 155(2-3), 323-331.

Elmusharaf, M., Bautista, V., Nollet, L., & Beynen, A. (2006). Effect of a mannanoligosaccharide preparation on eimeria tenella infection in broiler chickens. *International Journal of Poultry Science*, 5(6), 583-588.

Elmusharaf, M., & Beynen, A. (2007). Coccidiosis in poultry with emphasis on alternative anticoccidial treatments. *Annals of the World Association on Animal Pathology*, 9-44.

Elmusharaf, M., Peek, H., Nollet, L., & Beynen, A. (2007). The effect of an in-feed mannanoligosaccharide preparation (mos) on a coccidiosis infection in broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 134(3-4), 347-354.

Ergün, A., Tuncer, Ş., Çolpan, İ., Yalçın, S., Yıldız, G., Küçükersan, M., . . . Saçaklı, P. (2002). Yemler, yem hijyeni ve teknolojisi. *Ankara Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı*, S, 12-55.

Evans, P., & Halliwell, B. (2001). Micronutrients: Oxidant/antioxidant status. *British Journal of Nutrition*, 85(S2), S67-S74.

FAO. (2016). Probiotics in animal nutrition – production, impact and regulation In H. P. S. Makkar (Ed.), *Animal production and health paper* (Vol. 179). Rome.

FAO/WHO. (2002). *Guidelines for the evaluation of probiotics in food. Report of a joint fao/who working group on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food.* . Retrieved from http://www.who.int/foodsafety/fs_management/en/probiotic_guidelines.pdf

Fathima, S., & Selvaraj, R. K. (2022). *Application of nutritional immunology in the mitigation of economic and production losses in the poultry industry associated with food-borne pathogens, coccidiosis, and necrotic enteritis.* Paper presented at the Proceedings of the Arkansas Nutrition Conference.

Fatoba, A. J., & Adeleke, M. A. (2018). Diagnosis and control of chicken coccidiosis: A recent update. *Journal of Parasitic Diseases*, 42(4), 483-493.

Fayer, R. (1980). Epidemiology of protozoan infections: The coccidia. *Veterinary Parasitology*, 6(1-3), 75-103.

Friedman, A., & Sklan, D. (1989a). Antigen-specific immune response impairment in the chick as influenced by dietary vitamin a. *The Journal of Nutrition*, 119(5), 790-795.

Friedman, A., & Sklan, D. (1989b). Impaired t lymphocyte immune response in vitamin a depleted rats and chicks. *British Journal of Nutrition*, 62(2), 439-449.

Gabrashanska, M., Koinarski, V., Anisimova, M., Denev, S., & Ermidou-Poliet, S. (2009). Influence of selenium and eimeria tenella infection on antioxidant status in chickens. *Trace Elements & Electrolytes*, 26(1).

Georgieva, N., Gabrashanska, M., Koinarski, V., & Ermidou-Pollet, S. (2011a). Antioxidant status in eimeria acervulina

infected chickens after dietary selenium treatment. *Trace Elements and Electrolytes*, 28(1), 42.

Georgieva, N. V., Gabrashanska, M., Koinarski, V., & Yaneva, Z. (2011b). Zinc supplementation against eimeria acervulina-induced oxidative damage in broiler chickens. *Veterinary Medicine International*, 2011(1), 647124.

Gibson, G. R., & Fuller, R. (2000). Aspects of in vitro and in vivo research approaches directed toward identifying probiotics and prebiotics for human use. *The Journal of Nutrition*, 130(2), 391S-395S.

Gibson, G. R., & Roberfroid, M. B. (1995). Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics. *The Journal of Nutrition*, 125(6), 1401-1412.

Gilbert, E. R., Cox, C. M., Williams, P. M., McElroy, A. P., Dalloul, R. A., Ray, W. K., . . . Webb Jr, K. E. (2011). Eimeria species and genetic background influence the serum protein profile of broilers with coccidiosis. *PloS one*, 6(1), e14636.

Gómez-Osorio, L.-M., Chaparro-Gutiérrez, J.-J., & López-Osorio, S. (2021). Nutrition and poultry coccidiosis: Causes, consequences and current strategies to modulate the. *Advances in Poultry Nutrition Research*, 161.

González-Paramás, A. M., Esteban-Ruano, S., Santos-Buelga, C., de Pascual-Teresa, S., & Rivas-Gonzalo, J. C. (2004). Flavanol content and antioxidant activity in winery byproducts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(2), 234-238.

Gülmez, M., & Güven, A. (2002). Probiyotik, prebiyotik ve sinbiyotikler. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 8(1), 83-89.

Hafeez, M., Sattar, A., Ashraf, K., Mehdi, M., Rafique, A., Mahmood, M., . . . Zia, M. (2020). Effect of ibuprofen alone and inconjugation with vitamin e and selenium on experimentally

induced coccidiosis in broilers. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 30(3).

Heim, K. E., Tagliaferro, A. R., & Bobilya, D. J. (2002). Flavonoid antioxidants: Chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 13(10), 572-584.

Jafari, R. A., Kiani, R., Shahriyari, A., Asadi, F., & Hamidi-Nejat, H. (2012). Effect of dietary vitamin e on eimeria tenella-induced oxidative stress in broiler chickens. *African Journal of Biotechnology*, 11(38), 9265-9269.

Jeffers, T. (1997). *Tyzzar to tomorrow: Control of avian coccidiosis into the next millennium*. Paper presented at the Control of coccidiosis into the next millennium. Proceedings of 7th international coccidiosis conference.

Jin, L., Ho, Y., Abdullah, N., & Jalaludin, S. (2000). Digestive and bacterial enzyme activities in broilers fed diets supplemented with lactobacillus cultures. *Poultry Science*, 79(6), 886-891.

Kabir, S. L., Rahman, M., Rahman, M., Rahman, M., & Ahmed, S. (2004). The dynamics of probiotics on growth performance and immune response in broilers. *Int. J. Poult. Sci*, 3(5), 361-364.

Kaplan, H., & Hutkins, R. W. (2000). Fermentation of fructooligosaccharides by lactic acid bacteria and bifidobacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(6), 2682-2684.

Karadas, F., Møller, A. P., & Karageçili, M. R. (2017). A comparison of fat-soluble antioxidants in wild and farm-reared chukar partridges (*alectoris chukar*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 208, 89-94.

Khater, H. F., Ziam, H., Abbas, A., Abbas, R. Z., Raza, M. A., Hussain, K., . . . Selim, A. (2020). Avian coccidiosis: Recent

advances in alternative control strategies and vaccine development. *Agrobiological Records*, 1, 11-25.

Kiarie, E., Romero, L. F., & Nyachoti, C. M. (2013). The role of added feed enzymes in promoting gut health in swine and poultry. *Nutrition Research Reviews*, 26(1), 71-88.

Kiarie, E., Walsh, M., & Nyachoti, C. (2016). Performance, digestive function, and mucosal responses to selected feed additives for pigs. *Journal of Animal Science*, 94(suppl_3), 169-180.

Kiarie, E. G., Leung, H., Akbari Moghaddam Kakhki, R., Patterson, R., & Barta, J. R. (2019). Utility of feed enzymes and yeast derivatives in ameliorating deleterious effects of coccidiosis on intestinal health and function in broiler chickens. *Frontiers in veterinary science*, 6, 473.

Kiarie, E. G., & Mills, A. (2019). Role of feed processing on gut health and function in pigs and poultry: Conundrum of optimal particle size and hydrothermal regimens. *Frontiers in veterinary science*, 6, 19.

Koenen, M., Kramer, J., Van Der Hulst, R., Heres, L., Jeurissen, S., & Boersma, W. (2004). Immunomodulation by probiotic lactobacilli in layer-and meat-type chickens. *British poultry science*, 45(3), 355-366.

Lal, K., Bromley, E., Oakes, R., Prieto, J. H., Sanderson, S. J., Kurian, D., . . . Sinden, R. E. (2009). Proteomic comparison of four eimeria tenella life-cycle stages: Unsporulated oocyst, sporulated oocyst, sporozoite and second-generation merozoite. *Proteomics*, 9(19), 4566-4576.

Lee, S., Lillehoj, H., Dalloul, R., Park, D., Hong, Y., & Lin, J. (2007). Influence of pediococcus-based probiotic on coccidiosis in broiler chickens. *Poultry Science*, 86(1), 63-66.

Lillehoj, H., Allen, P., & Ruff, M. (1986). *Comparative studies of humoral and cellular immune response in two inbred*

strains of chickens showing different susceptibility to coccidiosis. Paper presented at the Research in avian coccidiosis. Proceedings of the Georgia Coccidiosis Conference, Athens, Georgia.

Line, J. E., Bailey, J. S., Cox, N. A., Stern, N. J., & Tompkins, T. (1998). Effect of yeast-supplemented feed on salmonella and campylobacter populations in broilers. *Poultry Science*, 77(3), 405-410.

Mai, K., Sharman, P. A., Walker, R. A., Katrib, M., Souza, D. D., McConville, M. J., . . . Smith, N. C. (2009). Oocyst wall formation and composition in coccidian parasites. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 104, 281-289.

Masey O'Neill, H., Smith, J., & Bedford, M. (2014). Multicarbohydase enzymes for non-ruminants. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 27(2), 290-301.

Mathis, G., & Broussard, C. (2006). Increased level of eimeria sensitivity to diclazuril after using a live coccidial vaccine. *Avian Diseases*, 50(3), 321-324.

McDonald, V., & Shirley, M. (2009). Past and future: Vaccination against eimeria. *Parasitology*, 136(12), 1477-1489.

McDougald, L. R. (2003). Coccidiosis. In Y. M. Saif, H. J. Barnes, J. R. Glisson, A. M. Fadley, L. R. McDougald, & S. D.E (Eds.), *Diseases of poultry* (11th ed., pp. 974-1159). Ames: Iowa.

Memon, F., Yang, Y., Lv, F., Soliman, A., Chen, Y., Sun, J., . . . Xu, B. (2021). Effects of probiotic and *bidens pilosa* on the performance and gut health of chicken during induced *eimeria tenella* infection. *Journal of Applied Microbiology*, 131(1), 425-434.

Miguel, M. G. (2010). Antioxidant activity of medicinal and aromatic plants. A review. *Flavour and Fragrance Journal*, 25(5), 291-312.

Mohsin, M., Zhang, Z., & Yin, G. (2022). Effect of probiotics on the performance and intestinal health of broiler chickens infected with *eimeria tenella*. *Vaccines*, 10(1), 97.

Moon, J., Ramkumar, S., & von Lintig, J. (2022). Genetic dissection in mice reveals a dynamic crosstalk between the delivery pathways of vitamin a. *Journal of Lipid Research*, 63(6).

Muñoz-Gómez, V., Ma, T., Li, Y., Rasmussen, P., & Torgerson, P. R. (2024). Global and regional prediction of coccidiosis and ascaridiosis prevalence in extensive backyard chickens in low-income and middle-income countries. *Veterinary Parasitology*, 331, 110268.

Murshed, M., Al-Quraishy, S., & Qasem, M. A. (2022). In vitro: Anti-coccidia activity of calotropis procera leaf extract on *eimeria papillata* oocysts sporulation and sporozoite. *Open Chemistry*, 20(1), 1057-1064.

Nahed, A., Abd El-Hack, M. E., Albaqami, N. M., Khafaga, A. F., Taha, A. E., Swelum, A. A., . . . AbuQamar, S. F. (2022). Phytochemical control of poultry coccidiosis: A review. *Poultry Science*, 101(1), 101542.

Nir, İ., & Şenköylü, N. (2000). Sindirimi destekleyen yem katkı maddeleri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yemler ve Hayvan Besleme Anabilimdalı*, Tekirdağ, 121-160.

Ola-Fadunsin, S. D. (2017). Investigations on the occurrence and associated risk factors of avian coccidiosis in osun state, southwestern nigeria. *Journal of Parasitology Research*, 2017(1), 9264191.

Osinaike, A., Adewoga, T., Fagbemi, F., Uthman, T., & Antia, R. (2020). Phytochemical studies and anticoccidial potential of the extract of carica papaya (pawpaw) leaves in chicken Available online at: [researchgate.com](https://www.researchgate.com).

Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. (2016). Flavonoids: An overview. *Journal of Nutritional Science*, 5, e47.

Pascual, M. n., Hugas, M., Badiola, J. I., Monfort, J. M., & Garriga, M. (1999). Lactobacillus salivarius ctc2197 prevents salmonella enteritidis colonization in chickens. *Applied and Environmental Microbiology*, 65(11), 4981-4986.

Peek, H., & Landman, W. (2011). Coccidiosis in poultry: Anticoccidial products, vaccines and other prevention strategies. *Veterinary Quarterly*, 31(3), 143-161.

Penny, H., Flores, R., Pennington, E., Pedersen, A., & Tran, S. (2022). The role of macronutrients and micronutrients in wound healing: A narrative review. *Journal of Wound Care*, 31(Sup5), S14-S22.

Perez-Carbajal, C., Caldwell, D., Farnell, M., Stringfellow, K., Pohl, S., Casco, G., . . . Ruiz-Feria, C. (2010). Immune response of broiler chickens fed different levels of arginine and vitamin e to a coccidiosis vaccine and eimeria challenge. *Poultry Science*, 89(9), 1870-1877.

Pilarski, R., Bednarczyk, M., Lisowski, M., Rutkowski, A., Bernacki, Z., Wardeńska, M., & Gulewicz, K. (2005). Assessment of the effect of α -galactosides injected during embryogenesis on selected chicken traits. *Folia biologica (Kraków)*, 53(1-2), 13-20.

Price, K. R., & Barta, J. R. (2010). Immunological control of coccidiosis in poultry. *SURG Journal*, 4(1), 101-108.

Quiroz-Castañeda, R. E., & Dantán-González, E. (2015). Control of avian coccidiosis: Future and present natural alternatives. *BioMed Research International*, 2015(1), 430610.

Rada, V., & Rychlý, I. (1995). The effect of lactobacillus salivarius administration on coliform bacteria and enterococci in the crop and cecum of broiler chickens. *Veterinarni Medicina*, 40(10), 311-315.

Razmi, G. R., & Kalideri, G. A. (2000). Prevalence of subclinical coccidiosis in broiler-chicken farms in the municipality of mashhad, khorasan, iran. *Preventive Veterinary Medicine*, 44(3-4), 247-253.

Remmal, A., Achahbar, S., Bouddine, L., Chami, N., & Chami, F. (2011). In vitro destruction of eimeria oocysts by essential oils. *Veterinary parasitology*, 182(2-4), 121-126.

Ritzi, M. M., Abdelrahman, W., Van-Heerden, K., Mohnl, M., Barrett, N. W., & Dalloul, R. A. (2016). Combination of probiotics and coccidiosis vaccine enhances protection against an eimeria challenge. *Veterinary Research*, 47, 1-8.

Ross, S. A., McCaffery, P. J., Drager, U. C., & De Luca, L. M. (2000). Retinoids in embryonal development. *Physiological Reviews*, 80(3), 1021-1054.

Ruberto, G., Renda, A., Daquino, C., Amico, V., Spatafora, C., Tringali, C., & De Tommasi, N. (2007). Polyphenol constituents and antioxidant activity of grape pomace extracts from five sicilian red grape cultivars. *Food Chemistry*, 100(1), 203-210.

Schneiders, G. H., Foutz, J. C., Milfort, M. C., Ghareeb, A. F., Fuller, A. L., Rekaya, R., . . . Aggrey, S. E. (2020). Heat stress reduces sexual development and affects pathogenesis of eimeria maxima in meat-type chickens. *Scientific Reports*, 10(1), 10736.

Scicutella, F., Mannelli, F., Daghighi, M., Viti, C., & Buccioni, A. (2021). Polyphenols and organic acids as alternatives to antimicrobials in poultry rearing: A review. *Antibiotics*, 10(8), 1010.

Semba, R. D. (1998). The role of vitamin a and related retinoids in immune function. *Nutrition reviews*, 56(1), S38-S48.

Shirley, M. W., & Long, P. L. (2019). Control of coccidiosis in chickens: Immunization with live vaccines. In P. L. Long (Ed.), *Coccidiosis of man and domestic animals* (pp. 321-342): CRC Press.

Shirley, M. W., Smith, A. L., & Blake, D. P. (2007). Challenges in the successful control of the avian coccidia. *Vaccine*, 25(30), 5540-5547.

Silva, M. A. d., Pessotti, B. M. d. S., Zanini, S. F., Colnago, G. L., Rodrigues, M. R. A., Nunes, L. d. C., . . . Martins, I. V. F. (2009). Intestinal mucosa structure of broiler chickens infected experimentally with *eimeria tenella* and treated with essential oil of oregano. *Ciência Rural*, 39, 1471-1477.

Sklan, D., Melamed, D., & Friedman, A. (1994). The effect of varying levels of dietary vitamin a on immune response in the chick. *Poultry Science*, 73(6), 843-847.

Slominski, B. A. (2011). Recent advances in research on enzymes for poultry diets. *Poultry Science*, 90(9), 2013-2023.

Sommer, A. (2008). Vitamin a deficiency and clinical disease: An historical overview. *The Journal of nutrition*, 138(10), 1835-1839.

Stringfellow, K., Caldwell, D., Lee, J., Mohnl, M., Beltran, R., Schatzmayr, G., . . . Farnell, M. (2011). Evaluation of probiotic administration on the immune response of coccidiosis-vaccinated broilers. *Poultry Science*, 90(8), 1652-1658.

Sun, X., McElroy, A., Webb Jr, K., Sefton, A., & Novak, C. (2005). Broiler performance and intestinal alterations when fed drug-free diets. *Poultry Science*, 84(8), 1294-1302.

Surai, P. F. (2002). *Natural antioxidants in avian nutrition and reproduction*: Nottingham University Press Nottingham.

Surai, P. F. (2006). *Selenium in nutrition and health* (Vol. 974). UK: Press Nottingham, Nottingham University.

Tegün, E., Özüçli, M., Gökmen, M., & Aydın, R. (2023). Kanatlılarda koksidiyozise karşı probiyotiklerin kullanım olanakları. *Antakya Veteriner Bilimleri Dergisi*, 2(2), 61-67.

TEPGE. (2023). Kümes hayvancılığı durum tahmini 2023. Retrieved from <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Durum-Tahmin%20Raporlar%C4%B1/2023%20Durum-Tahmin%20Raporlar%C4%B1/K%C3%BCmes%20Hayvanc%C4%B1%C4%B1%C4%9F%C4%B1%20Durum%20Tahmin%20Raporu%202023-381%20TEPGE.pdf>

Tierney, J., Gowing, H., Van Sinderen, D., Flynn, S., Stanley, L., McHardy, N., . . . Mulcahy, G. (2004). In vitro inhibition of eimeria tenella invasion by indigenous chicken lactobacillus species. *Veterinary Parasitology*, 122(3), 171-182.

Timmerman, H. M., Koning, C. J., Mulder, L., Rombouts, F. M., & Beynen, A. C. (2004). Monostrain, multistrain and multispecies probiotics—a comparison of functionality and efficacy. *International Journal of Food Microbiology*, 96(3), 219-233.

Tortuero, F. (1973). Influence of the implantation of lactobacillus acidophilus in chicks on the growth, feed conversion, malabsorption of fats syndrome and intestinal flora. *Poultry Science*, 52(1), 197-203.

Traber, M. G., & Stevens, J. F. (2011). Vitamins c and e: Beneficial effects from a mechanistic perspective. *Free Radical Biology and Medicine*, 51(5), 1000-1013.

Tsukahara, T., Inoue, R., Nakayama, K., & Inatomi, T. (2018). Inclusion of bacillus amyloliquefaciens strain toa 5001 in the diet of broilers suppresses the symptoms of coccidiosis by modulating intestinal microbiota. *Animal Science Journal*, 89(4), 679-687.

Van Wijk, A. (2023). Coccisidiosis in poultry. Retrieved from <https://www.sava.co.za/vetnews/2016/2023%20September/VN%20CPD%20September%202023.pdf>.

Volpe, S. (2000). Vitamins and minerals for active people. *Sports nutrition: a guide for the professional working with active people*. Rosenbloom CA, ed. 3rd edn. American Dietetic Association, Chicago, 3, 63-93.

Waldenstedt, L., Elwinger, K., Lunden, A., Thebo, P., Bedford, M., & Uggla, A. (2000). Intestinal digesta viscosity decreases during coccidial infection in broilers. *British poultry science*, 41(4), 459-464.

Walk, C., Cowieson, A., Remus, J., Novak, C., & McElroy, A. (2011). Effects of dietary enzymes on performance and intestinal goblet cell number of broilers exposed to a live coccidia oocyst vaccine. *Poultry Science*, 90(1), 91-98.

Walker, E. H., Pacold, M. E., Perisic, O., Stephens, L., Hawkins, P. T., Wymann, M. P., & Williams, R. L. (2000). Structural determinants of phosphoinositide 3-kinase inhibition by wortmannin, ly294002, quercetin, myricetin, and staurosporine. *Molecular Cell*, 6(4), 909-919.

Wang, M., Suo, X., Gu, J., Zhang, W., Fang, Q., & Wang, X. (2008). Influence of grape seed proanthocyanidin extract in broiler chickens: Effect on chicken coccidiosis and antioxidant status. *Poultry Science*, 87(11), 2273-2280.

Williams, R. (1995). Epidemiological studies of coccidiosis in the domesticated fowl (*gallus gallus*): Iv. Reciprocity between the immune status of floor-reared chickens and their excretion of oocysts. *Applied Parasitology*, 36(4), 290-298.

Williams, R. (1998). Epidemiological aspects of the use of live anticoccidial vaccines for chickens. *International Journal for Parasitology*, 28(7), 1089-1098.

Williams, R., & Catchpole, J. (2000). A new protocol for a challenge test to assess the efficacy of live anticoccidial vaccines for chickens. *Vaccine*, 18(13), 1178-1185.

Yang, Y., Memon, F., Hao, K., Jiang, M., Guo, L., Liu, T., . . . Si, H. (2021). The combined use of bacillus subtilis-based probiotic and anticoccidial herb had a better anti-eimeria tenella efficiency. *Journal of Applied Poultry Research*, 30(3), 100181.

Yilmaz, Y., & Toledo, R. T. (2004). Major flavonoids in grape seeds and skins: Antioxidant capacity of catechin, epicatechin, and gallic acid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(2), 255-260.

Yu, M., & Heo, J. M. (2021). A comprehensive overview of coccidiosis in chicken. *Animal Industry and Technology*, 8, 53-63.

Zaghari, M., Pouraghaali, S., Zhandi, M., & Abbasi, M. (2023). Effect of monovalent copper oxide and potentiated zinc oxide on growth performance and gut morphology of broiler chickens challenged with coccidiosis. *Biological Trace Element Research*, 201(5), 2524-2535.

Zulkifli, I., Abdullah, N., Azrin, N. M., & Ho, Y. (2000). Growth performance and immune response of two commercial broiler strains fed diets containing lactobacillus cultures and oxytetracycline under heat stress conditions. *British poultry science*, 41(5), 593-597.