
ZOOTEKNİDE İLERİ ARAŞTIRMALAR

Editör: Prof.Dr. İsmail ÜLGER

Zooteknide İleri Araştırmalar

Editör

Prof. Dr. İsmail ÜLGER

yaz
yayınları

2024

Zooteknide İleri Araştırmalar

Editör: Prof. Dr. İsmail ÜLGER

© YAZ Yayınları

Bu kitabın her türlü yayın hakkı Yaz Yayınları'na aittir, tüm hakları saklıdır. Kitabın tamamı ya da bir kısmı 5846 sayılı Kanun'un hükümlerine göre, kitabı yayınlayan firmanın önceden izni alınmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayınlanamaz, depolanamaz.

E_ISBN 978-625-5547-16-3

Aralık 2024 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar/AFYONKARAHİSAR

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

info@yazyayinlari.com

İÇİNDEKİLER

Alglerin Hayvan Beslenmesinde Kullanımı	1
<i>İsmail ÜLGER, Hüseyin Mert YÜKSEL, Mustafa ÖZDEMİR</i>	
Maca Bitkisinin Hayvan Beslenmesinde Kullanımı.....	30
<i>İsmail ÜLGER, Hüseyin Mert YÜKSEL, Mustafa ÖZDEMİR</i>	
The Effects of Nutrition on Immune System in Calves...	49
<i>Elif Rabia ŞANLI, Serkan ÖZKAYA</i>	

"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir."

ALGLERİN HAYVAN BESLENMESİNDE KULLANIMI

İsmail ÜLGER¹

Hüseyin Mert YÜKSEL²

Mustafa ÖZDEMİR³

1. GİRİŞ

Günümüzde doğal, organik ve sürdürülebilir tarım anlayışları, özellikle gelişmiş ülkelerdeki tüketiciler arasında büyük bir önem kazanmaktadır (Coudert ve ark., 2020). Bu doğrultuda, tarımsal üretimde, sentetik olarak üretilen vitamin ve mineraller yerine doğal bileşiklerin tercih edilmesi yönünde bir eğilim oluşmuştur (Coudert ve ark., 2020). Bu kapsamda, mikro ve makro alglerin hayvan yemi formülasyonlarında besin ve sağlık katkısı olarak potansiyel kullanımı değerlendirilmektedir. Yaklaşık 3,5 milyar yıl önce yaşamın ilk formları olarak kabul edilen algler, dünya üzerinde insanlardan çok daha önce varlık göstermiştir (Margulis, 1981). Kloroplast aracılığıyla fotosentez yaparak besin üreten algler, bu süreçte oksijen salınımı da gerçekleştirir. Yapısal olarak bitkilerdeki gibi yaprak, sap, çiçek ve kök gibi unsurlara sahip olmayan bu basit ototrofik organizmalar, hızlı üreme yetenekleri sayesinde gezegenin en verimli biyokütle kaynaklarından biri olarak kabul edilmektedir (Harlin ve Darley, 1988). Algler, tek hücreli mikroalg veya fitoplanktonlardan çok hücreli makroalgler olarak bilinen ve büyüklükleri

¹ Prof. Dr., Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni, ismailulger@erciyes.edu.tr, ORCID: 0000-0002-9400-6459.

² Arş. Gör., Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni, huseyinmertyuksel@erciyes.edu.tr, ORCID: 0000-0002-9429-8877.

³ Arş. Gör., Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni, mustafa.ozdemir@erciyes.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6160-2484.

birkaç mikrometreden 60 metreye kadar değişen organizmalara kadar geniş bir yelpazede çeşitlilik gösterir (Harlin ve Darley, 1988). Algler ayrıca renklerine göre yeşil (Chlorophyceae), kah-verengi (Phaeophyceae) ve kırmızı (Rhodophyceae) algler olarak sınıflandırılmaktadır (El Gamal, 2010). Bu organizmaların bileşimindeki çeşitlilik, türlerin büyüme koşulları, habitatları ve toplama yöntemlerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Tatlı ve tuzlu su ortamlarında yaşayan algler, büyük makroalglerin bulunduğu kıyı bölgeleri ve mikroalglerin bulunduğu açık okyanuslar dahil olmak üzere geniş bir çevresel dağılıma sahiptir (El Gamal, 2010). Algler uzun zamandır kulukahaneler ve balık çiftliklerinde yem katkısı olarak kullanılmakta olup, su ürünleri yetiştiriciliğinde güvenilir bir besin kaynağı olarak kabul edilmektedir. Ancak, alglerin kara hayvanlarının beslenmesindeki kullanımı daha sınırlıdır ve son yıllarda mikro ve makroalglerin yem içeriklerinde kullanımı konusundaki ilgi artış göstermektedir (Coudert ve ark., 2020).

Makro ve mikroalgler, polifenoller, polisakkaritler, lipidler, peptitler, proteinler ve pigmentler gibi çeşitli biyoaktif bileşenler içermektedir (Harnedy ve Fitzgerald, 2011; Michalak ve Chojnacka, 2015). Bu bileşiklerin büyük bir kısmı ayrıntılı bir şekilde tanımlanmış olup, antioksidan, antibakteriyel ve anti-enflamatuvar özellikleri ile dikkat çekmektedir (Shalaby, 2011; Park, 2015). Alglerin, sucul ve karasal hayvan türlerinin rasyonlarına düşük oranlarda dâhil edilmesi durumunda bile bağışıklık sistemini desteklediği, lipid metabolizmasını düzenlediği (Nakagawa, 1997; Norambuena ve ark., 2015) ve bağırsak fonksiyonlarını iyileştirdiği, ayrıca antiviral ve antibakteriyel ajan olarak etkili olduğu gösterilmiştir (Pulz ve Gross, 2004; Becker, 2007; Gouveia ve ark., 2010). Algler, proteinler, lipitler, mineraller, amino asitler ve n-3 yağ asitleri gibi makro- ve mikro besin maddelerinin alternatif bir kaynağı ya da spesifik biyolojik

olarak aktif fitokimyasalların bir kaynağı olarak incelenmiştir (Pulz ve Gross, 2004; Becker, 2007; Gouveia ve ark., 2010).

Deniz yosunları, yüksek protein içeriklerinin yanı sıra polisakkaritler, polifenoller ve pigmentler açısından da zengin bir bileşime sahiptir (Korczyński ve ark., 2015). Ancak, alglerin makro besinler için birincil kaynak olarak kullanımına yönelik araştırmalar, büyük miktarda biyokütle gereksinimi nedeniyle sınırlı kalmıştır. Bunun yerine, algler genellikle standart yem formülasyonlarını tamamlayıcı bir bileşen olarak kullanılmakta ve hayvan sağlığını iyileştirme veya ürün kalitesini artırma gibi faydalar sunmaktadır.

2. ALGLERİN KİMYASAL BİLEŐİMİ VE BESİN DEĞERİ

Kimyasal bileşim ve besin kalitesi türüne, boyutuna (mikro veya makro) ve sınıflandırmasına (kahverengi, kırmızı veya yeşil) göre farklılıklar vardır. Mevsim, besin kalitesi ve kimyasal bileşimdeki değışimle ilişkili önemli bir faktördür (Kumar ve ark., 2015).

Yetiřtirme koşullarındaki değışiklikler, mikroalglerin bileşimini ve üretim verimini etkiler. Örneğın, Chlorella kültür ortamında düşük azot seviyesi, daha yüksek lipid birikimine (yüzde 85'e kadar) yol açarken, Spirulina'nın miksotrofik kültürü, üretkenliğini beř kat artırır (Kovač Blagojević ve ark., 2013). Alglar, potansiyel faydalı etkileri yoğunlaştırmak amacıyla belirli ekstraktların işlenmesiyle veya doğrudan ham olarak rasyona eklenebilir (Lum ve ark., 2013).

Alg bileşiklerinin üretimi ve kullanımı için çeşitli ekstraksiyon yöntemleri geliştirilmiştir. Yaygın olarak kullanılan çözücü ekstraksiyonu, düşük maliyeti ve verimliliğı nedeniyle tercih edilse de, organik çözücülerin toksik etkileri ve çevreye zararlı olma potansiyeli nedeniyle yeniden değıerlendirilmekte

ve evre dostu alternatifler geliştirilmektedir (Chojnacka, 2012; Tobiszewski ve ark., 2017). Mikrodalga destekli ekstraksiyon, hücre duvarını parçalamak için mikrodalga enerjisini kullanarak aktif bileşiklerin etkin bir şekilde elde edilmesini sağlar (Hahn ve ark., 2012). Bu yöntem, Enteromorpha prolifera’dan polisakkaritlerin, Chlorella vulgaris’ten lipidlerin ve Dunaliella tertiolecta’dan pigmentlerin ekstraksiyonunda başarıyla uygulanmıştır (Lin ve ark., 2015; Liang ve ark., 2013; Pasquet ve ark., 2011).

Mikroalgler, yüksek ham protein (HP) içeriği ve temel amino asitler (AA) açısından zengin yapılarıyla dikkat çekmektedir. HP konsantrasyonları, mikroalglerin kuru ağırlıklarının %40 ile %70’i arasında değişiklik göstermektedir (Becker, 2007). Bunun yanı sıra, omega-3 yağ asitleri, mineraller, vitaminler, karotenoidler ve tokoferoller gibi biyoaktif besin ögeleri bakımından önemli bir kaynak teşkil etmektedir (Lum ve ark., 2013). Bu zellikleri sayesinde, mikroalglerin broyler tavuklar gibi gıda hayvanlarının beslenmesinde kullanılması, yalnızca büyüme performansını artırmakla kalmayıp, aynı zamanda antioksidan savunma mekanizmalarını, bağışıklık sistemini ve bağırsak sağlığını olumlu yönde etkileyebileceği öngörülmektedir (El-Bahr ve ark., 2020; Sun ve ark., 2021). Ek olarak, mikroalg bazlı besleme stratejilerinin et verimini ve tavuk eti kalitesini iyileştirme potansiyeli bulunmaktadır (Kalia ve Lei, 2022). Ancak, mevcut literatürde çoğunlukla tek bir mikroalg türünün bireysel olarak hayvan beslenmesindeki etkileri araştırılmış olup, birden fazla türün kombinasyonlarının kullanıldığı çalışmalar oldukça sınırlıdır. Yapılan bir çalışmada yağı alınmış Nannochloropsis oceanica mikroalglerinin %16 oranında kullanıldığında büyüme performansını olumsuz etkilediğini, ancak %2 ile %8 seviyelerinde bu etkinin görülmediğini rapor etmiştir (Gatrell ve ark., 2017). Benzer şekilde, Staurosira sp. türünün %15 düzeyinde takviyesinin broyler tavuklar tarafından tolere edilebildiği bildirilmiştir (Ekmay ve ark., 2014).

Mikroalglerin farklı oranlarda rasyona dahil edilmesi, besin bileşimlerindeki ve biyoyararlanımlarındaki değişkenliklerden kaynaklanmaktadır. Örneğin, *Spirulina platensis*, %51 gibi oldukça yüksek bir ham protein içeriğine sahip olup, metiyonin ve treonin dahil olmak üzere standartlaştırılmış sindirilebilir amino asit seviyeleri bakımından soya küşpesini geride bırakmaktadır (Tavernari ve ark., 2018). Buna karşın, başka bir *Spirulina* türü, yüksek düzeyde sindirilebilir metiyonin veya treonin içermemekle birlikte, sindirilebilir valin ve izolösin bakımından zengin bir profil sunmaktadır (Evans ve ark., 2015). Bu durum, mikroalglerin besinsel özelliklerinin türler arasında belirgin farklılıklar gösterebileceğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, çoklu mikroalg takviyesi yaklaşımı, çeşitli mikroalg türlerinin farklı besin bileşimlerinden faydalanarak potansiyel sinerjik etkiler yaratabilir. Ayrıca, her bir mikroalg türünün nispeten düşük konsantrasyonlarda rasyona eklenmesi, tek bir türün yüksek oranlarda kullanımıyla ilişkilendirilebilecek olumsuz etkilerin önlenmesine de olanak tanıyabilir.

Ticari broyler rasyonları genellikle hayvanların büyüme performansını maksimize etmek amacıyla HP gereksinimlerinin üzerinde formüle edilmektedir. Ancak son yıllarda, rasyonların genel ham protein miktarına odaklanmak yerine AA gereksinimlerine dayalı olarak optimize edilmesi yönünde bir eğilim ortaya çıkmıştır (Kidd ve ark., 2021). Yapılan araştırmalar, ham protein seviyesi düşürölmüş ancak amino asit konsantrasyonları doğru şekilde dengelenmiş rasyonların, broylerlerde standart ham protein rasyonlarıyla benzer büyüme performansı sağlayabileceğini göstermektedir (Liu ve ark., 2021). Bu yaklaşım, rasyonun gereksinimlere tam olarak uyumlu şekilde formüle edilmesiyle yemlerin azot kullanımını optimize edebilir, protein kaynaklarının ve AA takviyelerinin gereksiz tüketimini azaltabilir ve azot salınımının azalması yoluyla çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunabilir (Pesti, 2009). Mikroalg türlerinin AA profilleri ara-

sında önemli farklılıklar bulunması, bu besin kaynaklarının dengeli AA içeriğine sahip çoklu takviyeler şeklinde kullanımı potansiyelinin gelecekte detaylı olarak araştırılmasını gerektirmektedir.

Broyler tavuklarda mikroalg takviyelerinin protein metabolizması ve kas gelişimi üzerindeki etkileri çeşitli çalışmalarla rapor edilmiştir. Örneğin, %4 ila %8 oranında yağı alınmış *Nannochloropsis oceanica* mikroalg ile besleme, protein sentezinde rol oynayan mTOR, ökaryotik başlatma faktörü 4E (eIF4E) ve S6 protein ifadelerinin yukarı yönde düzenlenmesini sağlamıştır (Gatrell ve ark., 2017). Buna karşılık, %4 oranında DHA açısından zengin *Aurantiochytrium acetophilum* mikroalg ile yapılan besleme, mTOR sinyal yollarını aşağı yönde düzenleyerek büyüme performansı üzerinde olumsuz etkiler yaratmıştır (Sun ve ark., 2022). Benzer şekilde, balık türlerinde yapılan çalışmalarda, %4 ila %12 oranında *Scenedesmus obliquus* mikroalg ile beslemenin kas lifi alımını artırdığı ve büyüme performansını iyileştirdiği tespit edilmiştir (Knutsen ve ark., 2019). Bu bulgular, mikroalg takviyelerinin etkilerinde gözlemlenen tutarsızlıkların, kas hipertrofisi ve atrofi gibi diğer kas büyümesiyle ilişkili biyolojik yolların araştırılmasını gerektirdiğini ortaya koymaktadır. Daha fazla araştırma, bu süreçlerin daha iyi anlaşılmasını sağlayarak mikroalglerin optimal kullanımına yönelik stratejiler geliştirilmesine katkı sunabilir.

3. ALGLERİN HAYVAN BESLENMESİNDE KULLANIMI

1950'lerden bu yana yapılan araştırmalar, alglerin insan ve hayvan beslenmesinde kullanılabileceğini göstermektedir (Soeder, 2017). Günümüzde dünya genelinde üretilen deniz yosununun yaklaşık %30'unun, içerdiği yüksek kaliteli proteinler nedeniyle temel olarak beslenme amaçlı kullanıldığı tahmin edilmektedir (Becker, 2007).

Mikroalglerin yem katkı maddesi olarak kullanımı günümüzde Japonya, Filipinler, Çin ve Kore dahil olmak üzere birçok Asya ülkesinde uygulanmaktadır (Chen ve ark., 2016). Mikroalg bazlı yem kaynaklarının kullanımı, Amerika Birleşik Devletleri ve Birleşik Krallık gibi ülkelere de yayılmıştır (Carmacho ve ark., 2019; Novoveská ve ark., 2019). Hatta, dünya genelinde üretilen mikroalg biyokütlesinin yaklaşık %30'u şu anda hayvan yemi uygulamaları için satılmaktadır (Becker, 2007; Dineshbabu ve ark., 2019). Şu ana kadar 30,000 ila 40,000'den fazla farklı mikroalg suşu izole edilmiş ve sınıflandırılmıştır (Sime, 2004; İslam ve ark., 2017), ve yem olarak potansiyel kullanımı için daha birçok türün keşfedilmesi beklenmektedir. Ancak, mikroalg bazlı yem üretiminin sürdürülebilir ve ekonomik açıdan uygulanabilir hale gelmesi için hala uzun bir yol kat edilmesi gerekmektedir.

Hayvancılık sektöründe sürdürülebilirliğin sağlanması, üretim yöntemleri ve elde edilen hayvansal ürünlerin (örneğin, et ve yumurta) kalitesi açısından önemli zorluklar içermektedir. Tüketicilerin hayvansal ürünlere yönelik kabul düzeyini ve üretim süreçlerine duyduğu güveni artırmak amacıyla, hayvan refahı, ürün kalitesi ve çevresel etkiler gibi çeşitli kritik meselelerin ele alınması gerekmektedir. Bu bağlamda, hayvan yemi üreticileri, çiftlik hayvanlarının sağlığını destekleyerek ürettikleri ürünlerin kalitesini artırabilecek doğal çözümler arayışındadır (Nocella ve ark., 2010; Napolitano ve ark., 2013).

Alglerin hayvansal beslenmede dikkat çeken temel özelliği, içerdiği biyolojik olarak aktif bileşiklerin zengin çeşitliliğidir. Özellikle, esansiyel çoklu doymamış yağ asitleri (n-3) yüksek besin kalitesine sahip hayvansal ürünlerin üretiminde değer taşımaktadır (Shapira ve ark., 2008). Bunun yanı sıra, alglerden elde edilen polifenoller ve antioksidan özelliklere sahip pigmentler, hastalıkların önlenmesine katkı sağlayabilir veya ürün-

lerin raf ömrünü uzatabilir (Scalbert ve ark., 2005). Esansiyel amino asitler ve proteinler bağırsak mikrobiyotasının düzenlenmesine yardımcı olurken, belirli polisakkaritler antimikrobiyal aktivite göstermektedir (Kuorwel ve ark., 2011). Ayrıca, alg kaynaklı pigmentlerin, ürünlerin renk kalitesini iyileştirme potansiyeli de bulunmaktadır (Shields ve Lupatsch, 2012).

Hayvan yemi üretimi maliyetli bir süreç olabilmektedir; bu nedenle, geleneksel yem kaynaklarını tamamlamak ve artan talepleri karşılamak için alternatif, ekonomik ve yüksek kaliteli bileşenlere ihtiyaç duyulmaktadır. Geleneksel olarak, mikroalgler, karbonhidratlar, temel yağ asitleri ve amino asitler, karotenoidler ve vitaminler gibi çeşitli besin profilleri sayesinde evcil hayvanlar, kümes hayvanları ve su ürünleri üretiminde sürdürülebilir bir kaynak olarak kullanılmaktadır (Safafar ve ark., 2015; Ljubic ve ark., 2020). Yapılan araştırmalar, Chlorella, Scenedesmus ve Arthrospira gibi mikroalglerin, geleneksel yemlerle küçük oranlarda karıştırılmasının hayvanların büyümesi, sağığı, genel fizyolojisi ile ürün kalitesi ve miktarı üzerinde olumlu etkiler yaratabileceğini göstermiştir (Kotrbaček ve ark., 2015). Ayrıca, mikroalg bazlı yem takviyesinin hayvanlarda kolesterol düşürücü etki gösterdiği, bağışıklık yanıtını iyileştirdiğı (Raja ve Hemaiswarya, 2010), ineklerde süt kalitesini ve üretim verimini artırdığı (Altomonte ve ark., 2018), hayvan büyümesini teşvik ettiğı ve et ile yumurta kalitesini geliştirdiğı (Madeira ve ark., 2017), antiviral ve antibakteriyel etki yoluyla hastalıklara direnç sağıladığı (Dewi ve ark., 2018), bağırsak fonksiyonlarını iyileştirdiğı (Camacho ve ark., 2019), probiyotiklerin kolonizasyonunu artırdığı (Verschuere ve ark., 2000; Camacho ve ark., 2019) ve yem dönüşüm oranını yükselttiğı (Tibbetts, 2018) belirtilmiştir. Ayrıca, son dönemde yapılan araştırmalar, alg bazlı yemlerin üreme performansını artırdığını ve kilo kontrolüne yardımcı olduğunu kanıtlamıştır (Navarro ve ark., 2016).

Dünya genelinde çok sayıda alg türü bulunmakta olup, bu türlerin kimyasal bileşimi ve sindirilebilirliği önemli ölçüde değişiklik göstermektedir ve bu durum, elde edildikleri yöntemlerden etkilenebilmektedir (Ross ve Dominy, 1990; Kang ve ark., 2013). Mikroalglerin rasyonlara %2 oranında, makroalglerin ise %1 ila %5 arasında değişen oranlarda eklenmesi, hem yumurtacı hem de broyler tavuklar için uygun bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir; ancak bu oranlar, alg türüne, kullanılan ekstraktın içeriğine ve hedeflenen faydalara bağlı olarak büyük ölçüde değişiklik gösterebilmektedir (Madeira ve ark., 2017; Kang ve ark., 2013).

Ham alglerin yüksek maliyeti, bu materyalin kümes hayvanı üreticileri tarafından yem olarak kitlesel kullanımını genellikle sınırlamaktadır (Korczyński ve ark., 2015). Bu nedenle, polifenoller ve polisakkaritler gibi değerli bileşenlerin yoğunlaştırıldığı ve hayvan sağlığı ile performansı üzerinde belirli etkiler hedefleyen alg ekstraktlarının üretimine yönelik artan bir ilgi bulunmaktadır (Haberecht ve ark., 2018; Madeira ve ark., 2017). Bununla birlikte, alglerin sağlık, hayvan refahı veya ürün kalitesi ile ilişkili çeşitli üretim parametreleri üzerindeki potansiyel etkilerini tam anlamıyla değerlendirebilmek için, alglerin özelliklerine dair bilgi düzeyinin artırılması gerekmektedir (Korczyński ve ark., 2015; Ross ve Dominy, 1990).

Chlorella vulgaris, *Spirulina platensis*, *Ulva lactuca* ve *Sargassum sp.* alg türlerinin yaklaşık bileşimleri ve mineral içerikleri incelenmiştir. Protein oranlarına bakıldığında, *Spirulina platensis* (%60) ve *Chlorella vulgaris* (%57) türlerinin yüksek protein içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir. Bu durum, bu türleri hem insan hem de hayvan beslenmesinde protein kaynağı olarak önemli kılmaktadır. Diğer taraftan, makroalgler arasında yer alan *Ulva lactuca* (%19) ve *Sargassum sp.* (%14) daha düşük protein içeriği sunmaktadır. Yağ oranları ağıısından, *Chlorella*

vulgaris %20 ile en yüksek değere sahiptir, *Spirulina platensis* ve *Sargassum sp.* %6 yağ içerirken, *Ulva lactuca* %0.3 gibi oldukça düşük bir yağ içeriğine sahiptir. Karbonhidrat ieriğ i ise makroalglerde oldukça yüksektir; *Ulva lactuca* %80.7 ve *Sargassum sp.* %80 oranında karbonhidrat içerirken, mikroalglerin karbonhidrat içerikleri daha düşüktür (*Chlorella vulgaris* %23, *Spirulina platensis* %34) (Tokusoglu ve Ünal, 2003; Volkman ve Brown, 2006; Debbarma ve ark., 2016; Rasyid, 2017; Praiboon ve ark., 2018).

Mineral içeriklerine bakıldığında, sodyum (Na) ieriğ i *Sargassum sp.* (389.3 mg/kg) ve *Ulva lactuca* (351.7 mg/kg) türlerinde oldukça yüksektir. Potasyum (K) ieriğ i en fazla *Sargassum sp.*'de (244.3 mg/kg), ardından *Ulva lactuca*'da (209 mg/kg) bulunurken, mikroalgler bu minerali daha düşük miktarlarda içermektedir (*Spirulina platensis* 132.6 mg/kg, *Chlorella vulgaris* 4.99 mg/kg). Kalsiyum (Ca) açısından, makroalgler yine öne çıkmaktadır; *Ulva lactuca* (180.7 mg/kg) ve *Sargassum sp.* (176 mg/kg) yüksek değerlere sahipken, mikroalglerde kalsiyum miktarı daha düşüktür (*Spirulina platensis* 88.3 mg/kg, *Chlorella vulgaris* 59.3 mg/kg). Demir (Fe) ieriğ i ise *Ulva lactuca* (34.5 mg/kg) ve *Sargassum sp.* (32.2 mg/kg) türlerinde yüksektir; *Chlorella vulgaris* de 25.9 mg/kg ile dikkate değerdir, ancak *Spirulina platensis* yalnızca 10.3 mg/kg demir içermektedir (Tokusoglu ve Ünal, 2003; Volkman ve Brown, 2006; Debbarma ve ark., 2016; Rasyid, 2017; Praiboon ve ark., 2018).

Çinko (Zn) miktarı en yüksek *Sargassum sp.*'de (5.8 mg/kg) bulunurken, bakır (Cu) ieriğ i *Ulva lactuca* (1.83 mg/kg) ve *Sargassum sp.* (1.62 mg/kg) türlerinde göze çarpmaktadır. Selenyum (Se) açısından ise *Sargassum sp.* 49.8 mg/kg ile diğ er türlere kıyasla oldukça yüksek bir ieriğ e sahiptir. Manganez (Mn) miktarı ise yine makroalglerde daha fazladır; *Ulva lactuca* (4.8 mg/kg) ve *Sargassum sp.* (3.3 mg/kg) öne çıkarken,

mikroalglerde bu deęerler oldukça dūřıktır (*Spirulina platensis* 0.38 mg/kg, *Chlorella vulgaris* 0.21 mg/kg) (Tokusoglu ve Ünal, 2003; Volkman ve Brown, 2006; Debbarma ve ark., 2016; Rasyid, 2017; Praiboon ve ark., 2018).

Bu veriler, alg türlerinin besin ve mineral içeriği açısından oldukça farklılık gösterdiğini ortaya koymakta ve türlerin farklı beslenme ihtiyaçlarını karşılayabilecek potansiyeller sunduğunu göstermektedir. Özellikle yüksek protein içeriği sunan mikroalgler ile yüksek mineral ve karbonhidrat içeriği sunan makroalgler, farklı diyetlerin zenginleştirilmesinde önemli katkılar sağlayabilir.

4. AGLERİN KANATLI HAYVAN BESLENMESİNDE KULLANIMI

Alg araştırmaları, hayvan beslenmesi ve sağlığı için yeni bir ilgi alanını temsil etmektedir çünkü hem mikroalgler hem de makroalgler, hayvan üretimi için faydalı olabilecek çeşitli bileşikler içermektedir. Algler, dünyanın her yerinde bulunur veya üretilir ve son yıllarda bu konuya adanmış veya bu konuyla ilgili yayınların sayısı düzenli olarak artmıştır.

Kanatlı hayvanların beslenmesi, konvansiyonel hayvancılığın en önemli unsurlarından biri olarak öne çıkmakta, yalnızca hayvanların sağlık durumunu ve gelişimini değil, aynı zamanda et ve yumurta gibi son ürünlerin kalitesini de önemli ölçüde şekillendirmektedir (Barszcz ve ark., 2024). Kalsiyum, fosfor ve potasyum gibi temel mineraller ile demir, çinko ve selenyum gibi iz elementler, hayvanların fizyolojik süreçlerinde kritik roller üstlenmektedir. Bu besin maddeleri, kemik gelişimi, yumurta kabuğu oluşumu, kandaki oksijen taşınımı, elektrolit dengesi, enzim fonksiyonları, antioksidan savunma mekanizmaları ve bağışıklık yanıtlarının düzenlenmesi gibi hayati süreçlerde önemli görevler üstlenir (Johnson, 2020; Byrne ve Murphy, 2022).

Kümes hayvanlarının beslenmesinde minerallerin teminine yönelik geleneksel yöntemler, hem inorganik hem de organik kaynakları içermektedir. Kalsiyum karbonat (kalsiyum) ve sodyum selenit (selen) gibi inorganik mineral kaynakları, etkinlikleri nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır; ancak bu minerallerin çıkarım ve işleme süreçleri çevresel kaygılara yol açmaktadır (Costa ve ark., 2024). İnorganik minerallerin çıkarılması, genellikle madencilik faaliyetlerini içerir ve bu süreç çevresel tahribata yol açabilir. Organik minerallerin üretimi daha sürdürülebilir olarak görülmekle birlikte tamamen çevre dostu değildir. Şelatlı minerallerin yüksek maliyeti, yem maliyetlerini artırarak ekonomik açıdan önemli bir dezavantaj oluşturabilir (Costa ve ark., 2024).

Mikroalglerin kümes hayvanı rasyonlarına dahil edilmesi çeşitli zorluklar sunar. Temel hususlar arasında mikroalglerden elde edilen minerallerin biyoyararlanımı (Costa ve ark., 2024), kümes hayvanı sağlığı ve verimliliği üzerindeki etkileri (Abdel-Wareth ve ark., 2024) ve mikroalglerin ticari ölçekte yemlere entegre edilmesinin ekonomik uygulanabilirliği (Saadaoui ve ark., 2021) yer alır. Bu inceleme, mikroalglerin kümes hayvanı beslenmesinde temel minerallerin kaynağı olarak potansiyelini değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

5. ALGLERİN RUMİNANT BESLENMESİNDE KULLANIMI

Alglerin geniş getiren hayvanların diyetlerinde kullanımı, zengin besin profili ve potansiyel çevresel faydaları nedeniyle önemli bir ilgi görmüştür. Hem mikroalgleri hem de makroalgleri içeren bu organizmalar, çeşitli sucul ortamlarda yaşayan fotosentetik canlılardır. Alglerin geniş getiren hayvan beslenmesinde kullanımı, hayvan sağlığı, verimliliği ve sürdürülebilirlik açısından önemli fırsatlar sunmaktadır (Saadaoui ve ark., 2021; Costa ve ark., 2024; Abdel-Wareth ve ark., 2024).

Algler, protein, lipid, karbonhidrat, vitamin ve mineral bakımından oldukça zengin eriklere sahiptir. Örneğin, bazı mikroalg türleri (Spirulina, Chlorella gibi), kuru ağırlıklarının %70'ine kadar protein erebilir ve bu özellikleriyle geviş getiren hayvanlar Çin değerli bir alternatif protein kaynağı sunar (Saadaoui ve ark., 2021). Ayrıca, algler omega-3 ve omega-6 gibi esansiyel yağ asitleri açısından da zengindir. Bu yağ asitleri, hayvan sağlığını optimize etmede ve hayvansal ürünlerin kalitesini artırmada kritik bir rol oynamaktadır (Costa ve ark., 2024).

Alglerin yemlere dahil edilmesi, hayvan sağlığı ve verimliliği üzerinde olumlu etkiler göstermiştir (Saadaoui et al., 2021; Costa et al., 2024). Araştırmalar, büyüme performansı, süt verimi ve et kalitesinde iyileşmeler bildirmiştir. Örneğin, mikroalglerle desteklenen süt ineklerinde, süt üretiminin arttığı ve süt yağ asit profillerinin iyileştiği, böylece daha kaliteli süt ürünleri elde edildiği belirtilmiştir (Costa ve ark., 2024). Ayrıca, alglerde bulunan antioksidanlar ve pigmentler gibi biyoaktif bileşenler, geviş getiren hayvanların bağışıklık sistemini güçlendirmekte ve genel sağlık durumunu iyileştirmektedir (Saadaoui ve ark., 2021).

Alglerin hayvan beslenmesine eklenmesinin dikkat çeken çevresel bir avantajı, geviş getiren hayvanların enterik metan emisyonlarını azaltma potansiyelidir (Kinley ve ark., 2020). Metan, güçlü bir sera gazı olup, geviş getiren hayvanlar küresel metan emisyonlarına önemli katkıda bulunmaktadır. Özellikle kırmızı makroalgler (Asparagopsis taxiformis gibi), rumendeki metanojenik bakterilerin faaliyetlerini engelleyen bileşenler ermektedir. Araştırmalar, Asparagopsis'in ruminant diyetlerine dahil edilmesinin metan emisyonlarını %80'in üzerinde azaltabileceğini göstermiştir (Kinley ve ark., 2020).

Faydalarına rağmen, alglerin geviş getiren hayvanların beslenmesinde yaygın olarak kullanılmasının önünde bazı engel-

ler bulunmaktadır. Alglerin yetiştirilmesi, hasat edilmesi ve işlenmesi ile ilgili yüksek maliyetler önemli bir sorundur (Saa-daoui ve ark., 2021). Ayrıca, farklı alg türleri arasındaki besin bileşimi değişkenliği, tutarlı bir yem kalitesi sağlamak için dikkatli bir seçim ve standartlaştırma gerektirir (Abdel-Wareth ve ark., 2024). Bunun yanında, mevcut yem sistemlerine alglerin büyük ölçekli entegrasyonu, önemli altyapı ve teknolojik gelişmeler gerektirmektedir (Costa ve ark., 2024).

Chowdhury ve ark. (1995) obez buzağılara uygulanan mikroalg süspansiyonunun (*Chlorella* ve *Scenedesmus*, 5-10 ml hücre hacmi/1 su) vücut ağırlığının yaklaşık %10'u kadar bir miktarda verildiğinde, selülozun sindirilebilirliğinde bir iyileşme sağladığını ve beslenme maliyetinin yağla beslenen hayvanlara kıyasla azaldığını bulmuşlardır. Diğer araştırmacılar ise (Braden ve ark., 2007) makroalglerin (*Ascophyllum nodosum*) buzağı rasyonuna eklenmesinin, buzağıların bağışıklık sistemini güçlendirdiğini ve et özelliklerini iyileştirdiğini rapor etmişlerdir. Ayrıca, rasyona bu makroalg türlerinin entegrasyonu, *E. coli* ile enfekte buzağılarda bu patojenik mikroorganizmaların hayvan dışısındaki konsantrasyonunun azalmasına neden olmuştur (Bach ve ark., 2008). Kuzular, rasyonlarında *Ascophyllum nodosum* gibi makroalglerin ilavesi, verimlerini artırdığı bulunmuştur (Bach ve ark., 2008). Elmore ve ark. (2005) ise kuzu etinin, çoklu doymamış yağ asitleri açısından zengin olduğunu tespit etmişlerdir.

McHugh (2003) tarafından yapılan çalışmada ağır süt ineklerinin yemlerine *Ascophyllum nodosum* gibi alglerin eklenmesi, özellikle yaz aylarında gebelik sayısının artmasının bir sonucu olarak süt üretimini artırmaktadır. Bu sonuçlar, diğer araştırmacılar tarafından da desteklenmiştir (şimkus ve ark., 2007; Kulpys ve ark., 2009). Ayrıca yosun içeren rasyon uygulanan ineklerde sütün yağ, protein ve laktoz içeriğinin, yosun

bulunmayan rasyonla beslenen ineklere kıyasla arttığı tespit edilmiştir. McHugh (2003) ayrıca, keşiler üzerinde yapılan beslenme deneylerinde, rasyona 2 yıldan daha uzun bir süre boyunca makroalg *Ascophyllum nodosum* eklendiğinde, özellikle kış aylarında bu hayvanların daha fazla vücut ağırlığına sahip olduklarını ve deniz yosunu içermeyen diyetle beslenen keşilere göre daha fazla yün ürettiklerini bulmuştur.

Son yıllarda, geviş getiren hayvanların beslenmesinde alglerin kullanımı, insan sağlığı açısından değerli faydalar sunmak amacıyla yaygınlaşmıştır. Araştırmacılar, mikroalg (*Schizochytrium* sp.) ilavesinin süt rasyonlarına dahil edilmesinin, inek sütünde dokosaheksaenoik asit (DHA) ve konjuge linoleik asit (CLA) içeriğinin artmasına neden olduğunu, aynı zamanda süt yağındaki doymuş yağ asitleri içeriğini azalttığını göstermiştir (Franklin ve ark., 1999).

Papadopoulos ve ark. (2002) tarafından yapılan çalışmada *Schizochytrium* sp. alglerinin süt üretimi aşamasındaki keşilerin yemine eklenmesi, sütün yağ ve protein içeriğinde artışa neden olmuş, ayrıca sütün çoklu doymamış yağ asitleri (DHA, EDA ve eikosapentaenoik asit) açısından zenginleştiği bildirilmiştir. Bu uygulama, süt yağ asitlerinin toplam içeriğinde, inek sütüne kıyasla daha fazla artış gözlemlendiği rapor edilmiştir. Keşi sütü ürünlerine, yani yoğurt ve beyaz peynire gelince; bu ürünlerin, yukarıda belirtilen çoklu doymamış yağ asitleri açısından, alglerle beslenmeyen keşilerin sütünden elde edilen ürünlere kıyasla zenginleştirilmiş olduğu bulunduğu bildirilmiştir (Papadopoulos ve ark., 2002). Ayrıca, bu araştırmacılar, beyaz peynirin 5 ay boyunca saklanması, içeriği yağ asitlerini etkilemediğini belirtmişlerdir.

6. SONUÇ VE GELECEK ÖNERİLERİ

Algler, zengin besin içeriği, biyoyararlanabilirliği yüksek biyoaktif bileşenleri ve çevresel sürdürülebilirlik potansiyeliyle hayvan beslenmesinde giderek artan bir ilgi odağı haline gelmiştir. Mikro ve makroalglerin yem rasyonlarına dahil edilmesi, hayvan sağlığını desteklemek, büyüme performansını iyileştirmek, süt ve et kalitesini artırmak gibi olumlu etkiler sunmaktadır. Alglerin içerdiği omega-3 yağ asitleri, polifenoller, polisakkaritler ve proteinler gibi biyoaktif bileşenler, yalnızca bağışıklık sistemini desteklemekle kalmayıp, aynı zamanda hayvansal ürünlerin besin değerini ve ticari kalitesini de artırmaktadır. Bununla birlikte, alglerin metan emisyonlarını azaltma potansiyeli, hayvancılık sektöründe çevresel sürdürülebilirliğe katkı sunabilecek önemli bir avantaj olarak öne çıkmaktadır. Ancak, alglerin yüksek üretim maliyetleri, türler arasındaki besin profili değişkenliği ve büyük ölçekli yem sistemlerine entegrasyon zorlukları, bu doğal kaynağın geniş çaplı kullanımı önündeki temel engellerdir. Dolayısıyla, alglerin yem katkısı olarak kullanımının optimize edilmesi için daha fazla araştırma ve yenilikçi üretim yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Alglerin hayvan beslenmesinde kullanımı, sahip oldukları zengin besin içeriği ve biyoaktif bileşenler sayesinde önemli bir katkı sağlayabilmektedir. Mikro ve makro algler, hayvanların bağışıklık sistemini destekleme, büyüme performansını artırma ve hayvansal ürünlerin kalitesini iyileştirme gibi olumlu etkilere sahiptir. Özellikle omega-3 yağ asitleri, polifenoller, polisakkaritler ve proteinler gibi biyoaktif bileşenler, hayvanların sağlığını desteklerken ticari değeri yüksek ürünlerin üretimini sağlamaktadır. Ayrıca, alglerin metan emisyonlarını azaltma potansiyeli, hayvancılık sektöründe çevresel sürdürülebilirliği destekleyen bir çözüm olarak dikkat çekmektedir. Ancak, yüksek üretim maliyetleri, alg türleri arasındaki besin profili farklılıkları ve

ticari yem sistemlerine entegrasyon zorlukları, alglerin yaygın kullanımını kısıtlayan önemli engellerdir. Bu nedenle, alglerin hayvan beslenmesinde daha verimli ve ekonomik bir şekilde kullanılabilmesi için ileri araştırmalar ve yenilikçi üretim yöntemlerine ihtiyaç vardır.

Farklı alg türlerinin besin profili ve biyolojik etkileri arasındaki farklılıkları belirlemek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Özellikle mikro ve makro alglerin kombine kullanımı ile elde edilebilecek potansiyel sinerjik etkilerin değerlendirilmesi yararlı olacaktır. Alglerin maliyet etkin bir şekilde üretilmesi, hasat edilmesi ve yem formülasyonlarına entegre edilmesi için yenilikçi üretim ve işleme teknikleri geliştirilmelidir. Çevre dostu ekstraksiyon yöntemleri üzerinde çalışmalar yapılarak maliyetlerin azaltılması sağlanabilir. Alglerin hayvan büyümesi, bağışıklık sistemi ve bağırsak sağlığı üzerindeki etkilerinin altında yatan moleküler mekanizmalar daha ayrıntılı olarak incelenmelidir. Bu çalışmalar, alg takviyelerinin daha hedeflenmiş ve etkili kullanımına olanak tanıyabilir. Alglerin hayvan beslenmesinde kullanımına yönelik standartlar geliştirilerek üreticiler için güvenilir ve rehber niteliğinde bir yapı oluşturulabilir. Böylece, alg bazlı yem takviyelerinin etkinliği ve güvenliği garanti altına alınabilir. Alglerin hayvancılık kaynaklı metan emisyonlarını azaltma potansiyeli daha fazla araştırılmalı ve bu uygulamanın sera gazı salınımına etkisi küresel ölçekte değerlendirilmeli. Bu yönde yapılacak çalışmalar, sürdürülebilir tarım ve hayvancılık uygulamalarına katkı sunabilir.

KAYNAKÇA

- Abdel-Wareth, A. A., Williams, A. N., Salahuddin, M., Gadekar, S., & Lohakare, J. (2024). Algae as an alternative source of protein in poultry diets for sustainable production and disease resistance: present status and future considerations. *Frontiers in Veterinary Science*, 11, 1382163.
- Altomonte, I., Salari, F., Licitra, R., & Martini, M. (2018). Use of microalgae in ruminant nutrition and implications on milk quality—A review. *Livestock Science*, 214, 25-35.
- Bach, S. J., Wang, Y., & McAllister, T. A. (2008). Effect of feeding sun-dried seaweed (*Ascophyllum nodosum*) on fecal shedding of *Escherichia coli* O157: H7 by feedlot cattle and on growth performance of lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 142(1-2), 17-32.
- Barszcz, M., Tuśnio, A., & Taciak, M. (2024). Poultry nutrition. *Physical Sciences Reviews*, 9(2), 611-650.
- Becker, E. W. (2007). Micro-algae as a source of protein. *Bio-technology advances*, 25(2), 207-210.
- Bhat, Z. F., Morton, J. D., Mason, S. L., & Bekhit, A. E. D. A. (2018). Role of calpain system in meat tenderness: A review. *Food Science and Human Wellness*, 7(3), 196-204.
- Braden, K. W., Blanton Jr, J. R., Montgomery, J. L., Van Santen, E., Allen, V. G., & Miller, M. F. (2007). Tasco supplementation: effects on carcass characteristics, sensory attributes, and retail display shelf-life. *Journal of animal science*, 85(3), 754-768.
- Byrne, L., & Murphy, R. A. (2022). Relative bioavailability of trace minerals in production animal nutrition: A review. *Animals*, 12(15), 1981.

- Camacho, F., Macedo, A., & Malcata, F. (2019). Potential industrial applications and commercialization of microalgae in the functional food and feed industries: A short review. *Marine drugs*, 17(6), 312.
- Chen, J., Wang, Y., Benemann, J. R., Zhang, X., Hu, H., & Qin, S. (2016). Microalgal industry in China: challenges and prospects. *Journal of applied phycology*, 28, 715-725.
- Chojnacka, K., Saeid, A., Witkowska, Z., & Tuhy, L. (2012, August). Biologically active compounds in seaweed extracts-the prospects for the application. In *The open conference proceedings journal* (Vol. 3, No. 1).
- Chowdhury, S. A., Huque, K. S., Khatun, M., & Nahar, Q. (1995). Study on the use of algae as a substitute for oil cake for growing calves. *Livestock Research for Rural Development*, 6(3), 1995.
- Costa, M. M., Spínola, M. P., & Prates, J. A. (2024). Microalgae as an alternative mineral source in poultry nutrition. *Veterinary Sciences*, 11(1), 44.
- Coudert, E., Baéza, E., & Berri, C. (2020). Use of algae in poultry production: A review. *World's Poultry Science Journal*, 76(4), 767-786.
- Debbarama, J., Rao, B. M., Murthy, L. N., Mathew, S., Venkateshwarlu, G., & Ravishankar, C. N. (2016). Nutritional profiling of the edible seaweeds *Gracilaria edulis*, *Ulva lactuca* and *Sargassum* sp.
- Dewi, I. C., Falaise, C., Hellio, C., Bourgougnon, N., & Mouget, J. L. (2018). Anticancer, antiviral, antibacterial, and antifungal properties in microalgae. In *Microalgae in health and disease prevention* (pp. 235-261). Academic Press.

- 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.
- Ekmay, R., Gatrell, S., Lum, K., Kim, J., & Lei, X. G. (2014). Nutritional and metabolic impacts of a defatted green marine microalgal (*Desmodesmus* sp.) biomass in diets for weanling pigs and broiler chickens. *Journal of agricultural and food chemistry*, 62(40), 9783-9791.
- El Gamal, A. A. (2010). Biological importance of marine algae. *Saudi pharmaceutical journal*, 18(1), 1-25.
- El-Bahr, S., Shousha, S., Shehab, A., Khattab, W., Ahmed-Farid, O., Sabike, I., ... & Albosadah, K. (2020). Effect of dietary microalgae on growth performance, profiles of amino and fatty acids, antioxidant status, and meat quality of broiler chickens. *Animals*, 10(5), 761.
- Elmore, J. S., Cooper, S. L., Enser, M., Mottram, D. S., Sinclair, L. A., Wilkinson, R. G., & Wood, J. D. (2005). Dietary manipulation of fatty acid composition in lamb meat and its effect on the volatile aroma compounds of grilled lamb. *Meat science*, 69(2), 233-242.
- Evans, A. M., Smith, D. L., & 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(2), 206-214.
- Franklin, S. T., Martin, K. R., Baer, R. J., Schingoethe, D. J., & Hippen, A. R. (1999). Dietary marine algae (*Schizochytrium* sp.) increases concentrations of conjugated linoleic, docosahexaenoic and transvaccenic acids in milk of dairy cows. *The Journal of Nutrition*, 129(11), 2048-2054.

- Gatrell, S. K., Derksen, T. J., O'Neil, E. V., & Lei, X. G. (2017). A new type of defatted green microalgae exerts dose-dependent nutritional, metabolic, and environmental impacts in broiler chicks. *Journal of Applied Poultry Research*, 26(3), 358-366.
- Gouveia, L., Marques, A. E., Sousa, J. M., Moura, P., & Bandarra, N. M. (2010). Microalgae—source of natural bioactive molecules as functional ingredients. *Food Sci Technol Bull Funct Foods*, 7(2), 21.
- Haberecht, S., Wilkinson, S., Roberts, J., Wu, S., & Swick, R. (2018). Unlocking the potential health and growth benefits of macroscopic algae for poultry. *World's Poultry Science Journal*, 74(1), 5-20.
- Hahn, T., Lang, S., Ulber, R., & Muffler, K. (2012). Novel procedures for the extraction of fucoidan from brown algae. *Process biochemistry*, 47(12), 1691-1698.
- Harlin, M., & Darley, W. (1988). *Algae: an overview*. Algae and human affairs/edited by Carole A. Lembi, J. Robert Waaland; sponsored by the Phycological Society of America.
- Harnedy, P. A., & FitzGerald, R. J. (2011). Bioactive proteins, peptides, and amino acids from macroalgae 1. *Journal of Phycology*, 47(2), 218-232.
- Islam, M. A., Heimann, K., & Brown, R. J. (2017). Microalgae biodiesel: Current status and future needs for engine performance and emissions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 1160-1170.
- Johnson, K. The Role of Trace Elements in Poultry Nutrition. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2020, 268, 110–119

- Kalia, S., & Lei, X. G. (2022). Dietary microalgae on poultry meat and eggs: explained versus unexplained effects. *Current Opinion in Biotechnology*, 75, 102689.
- Kang, H. K., Salim, H. M., Akter, N., Kim, D. W., Kim, J. H., Bang, H. T., ... & Suh, O. S. (2013). Effect of various forms of dietary *Chlorella* supplementation on growth performance, immune characteristics, and intestinal microflora population of broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*, 22(1), 100-108.
- Kidd, M. T., Maynard, C. W., & Mullenix, G. J. (2021). Progress of amino acid nutrition for diet protein reduction in poultry. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12, 1-9.
- Kinley, R. D., Martinez-Fernandez, G., Matthews, M. K., de Nys, R., Magnusson, M., & Tomkins, N. W. (2020). Mitigating the carbon footprint and improving productivity of ruminant livestock agriculture using a red seaweed. *Journal of Cleaner production*, 259, 120836.
- Knutsen, H. R., Ottesen, O. H., Palihawadana, A. M., Sandaa, W., Sørensen, M., & Hagen, Ø. (2019). Muscle growth and changes in chemical composition of spotted wolffish juveniles (*Anarhichas minor*) fed diets with and without microalgae (*Scenedesmus obliquus*). *Aquaculture reports*, 13, 100175.
- Korczyński, M., Witkowska, Z., Opaliński, S., Świniarska, M., & Dobrzański, Z. (2015). Algae extract as a potential feed additive. *Marine Algae Extracts: Processes, Products, and Applications*, 603-626.
- Kotrbaček, V., Doubek, J., & Doucha, J. (2015). The chlorococcalean alga *Chlorella* in animal nutrition: a review. *Journal of Applied Phycology*, 27, 2173-2180.

- Kovač, D. J., Simeunović, J. B., Babić, O. B., Mišan, A. Č., & Milovanović, I. L. (2013). Algae in food and feed. *Food and Feed Research*, 40(1), 21-32.
- Kulpys, J., Paulauskas, E., Šimkus, A., & Jerešiūnas, A. (2009). The influence of weed *Spirulina platensis* on production and profitability of milking cows.
- Kumar, S., Sahoo, D., & Levine, I. (2015). Assessment of nutritional value in a brown seaweed *Sargassum wightii* and their seasonal variations. *Algal Research*, 9, 117-125.
- Kuorwel, K. K., Cran, M. J., Sonneveld, K., Miltz, J., & Bigger, S. W. (2011). Antimicrobial activity of biodegradable polysaccharide and protein-based films containing active agents. *Journal of Food Science*, 76(3), R90-R102.
- Lee, H. L., Santé-Lhoutellier, V., Vigouroux, S., Briand, Y., & Briand, M. (2008). Role of calpains in postmortem proteolysis in chicken muscle. *Poultry Science*, 87(10), 2126-2132.
- Liang, K., Zhang, Q., Gu, M., & Cong, W. (2013). Effect of phosphorus on lipid accumulation in freshwater microalga *Chlorella* sp. *Journal of Applied Phycology*, 25, 311-318.
- Lin, W., Wang, W., Liao, D., Chen, D., Zhu, P., Cai, G., & Kiyoshi, A. (2015). Polysaccharides from *Enteromorpha prolifera* improve glucose metabolism in diabetic rats. *Journal of Diabetes Research*, 2015(1), 675201.
- Liu, S. Y., Macelline, S. P., Chrystal, P. V., & Selle, P. H. (2021). Progress towards reduced-crude protein diets for broiler chickens and sustainable chicken-meat production. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12, 1-13.

- Ljubic, A., Jacobsen, C., Holdt, S. L., & Jakobsen, J. (2020). Microalgae *Nannochloropsis oceanica* as a future new natural source of vitamin D3. *Food chemistry*, 320, 126627.
- Lum, K. K., Kim, J., & Lei, X. G. (2013). Dual potential of microalgae as a sustainable biofuel feedstock and animal feed. *Journal of animal science and biotechnology*, 4, 1-7.
- Madeira, M. S., Cardoso, C., Lopes, P. A., Coelho, D., Afonso, C., Bandarra, N. M., & Prates, J. A. (2017). Microalgae as feed ingredients for livestock production and meat quality: A review. *Livestock science*, 205, 111-121.
- Margulis, L. (1981). *Symbiosis in cell evolution*. WH Freeman Co., New York.
- Marshall, H. (2007). Micro-algae as a superfood source: Phytoplankton for future nutrition. *Vegetarian Issues* (Jun), 1-2.
- McHugh, D. J. (2003). *A guide to the seaweed industry*.
- Michalak, I., & Chojnacka, K. (2015). Algae as production systems of bioactive compounds. *Engineering in Life Sciences*, 15(2), 160-176.
- Mitka, I., Ropka-Molik, K., & Tyra, M. (2019). Functional analysis of genes involved in glycerolipids biosynthesis (GPAT1 and GPAT2) in pigs. *Animals*, 9(6), 308.
- Nakagawa, H. (1997). Effect of dietary algae on improvement of lipid metabolism in fish. *Biomedicine & pharmacotherapy*, 51(8), 345-348.
- Napolitano, F., Serrapica, M., & Braghieri, A. (2013). Contrasting attitudes towards animal welfare issues within the food chain. *Animals*, 3(2), 551-557.

- Navarro, F., Forján, E., Vázquez, M., Montero, Z., Bermejo, E., Castaño, M. Á., ... & Vega, J. M. (2016). Microalgae as a safe food source for animals: nutritional characteristics of the acidophilic microalga *Coccomyxa onubensis*. *Food & nutrition research*, 60(1), 30472.
- Nocella, G., Hubbard, L., & Scarpa, R. (2010). Farm animal welfare, consumer willingness to pay, and trust: Results of a cross-national survey. *Applied economic perspectives and policy*, 32(2), 275-297.
- Norambuena, F., Hermon, K., Skrzypczyk, V., Emery, J. A., Sharon, Y., Beard, A., & Turchini, G. M. (2015). Algae in fish feed: performances and fatty acid metabolism in juvenile Atlantic salmon. *PloS one*, 10(4), e0124042.
- Novoveská, L., Ross, M. E., Stanley, M. S., Pradelles, R., Wasiolek, V., & Sassi, J. F. (2019). Microalgal carotenoids: A review of production, current markets, regulations, and future direction. *Marine drugs*, 17(11), 640.
- Papadopoulos, 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. *Journal of Dairy Research*, 69(3), 357-365.
- Park, J. K. (2015). Algal polysaccharides: Properties and applications. *Biochemistry and Analytical Biochemistry*, 4, 176.
- Pasquet, V., Morisset, P., Ihammouine, S., Chepied, A., Aumailley, L., Berard, J. B., ... & Picot, L. (2011). Antiproliferative activity of violaxanthin isolated from bioguided fractionation of *Dunaliella tertiolecta* extracts. *Marine drugs*, 9(5), 819-831.

- Pesti, G. M. (2009). Impact of dietary amino acid and crude protein levels in broiler feeds on biological performance. *Journal of Applied Poultry Research*, 18(3), 477-486.
- Praiboon, J., Palakas, S., Noiraksa, T., & Miyashita, K. (2018). Seasonal variation in nutritional composition and anti-proliferative activity of brown seaweed, *Sargassum oligocystum*. *Journal of Applied Phycology*, 30, 101-111.
- Pulz, O., & Gross, W. (2004). Valuable products from biotechnology of microalgae. *Applied microbiology and biotechnology*, 65, 635-648.
- Raja, R., & Hemaiswarya, S. (2010). Microalgae and immune potential. *Dietary Components and Immune Function*, 515-527.
- Rasyid, A. (2017). Evaluation of nutritional composition of the dried seaweed *Ulva lactuca* from Pameungpeuk waters, Indonesia. *Tropical life sciences research*, 28(2), 119.
- Ross, E., & Dominy, W. (1990). The nutritional value of dehydrated, blue-green algae (*Spirulina plantensis*) for poultry. *Poultry science*, 69(5), 794-800.
- Saadaoui, I., Rasheed, R., Aguilar, A., Cherif, M., Al Jabri, H., Sayadi, S., & Manning, S. R. (2021). Microalgal-based feed: promising alternative feedstocks for livestock and poultry production. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12(1), 76.
- Safar, H., Van Wageningen, J., Møller, P., & Jacobsen, C. (2015). Carotenoids, phenolic compounds and tocopherols contribute to the antioxidative properties of some microalgae species grown on industrial wastewater. *Marine drugs*, 13(12), 7339-7356.

- Scalbert, A., Johnson, I. T., & Saltmarsh, M. (2005). Polyphenols: antioxidants and beyond. *The American journal of clinical nutrition*, 81(1), 215S-217S.
- Schilling, M. W., Suman, S. P., Zhang, X., Nair, M. N., Desai, M. A., Cai, K., ... & Allen, P. J. (2017). Proteomic approach to characterize biochemistry of meat quality defects. *Meat science*, 132, 131-138.
- Schwägele, F., Haschke, C., Krauss, G., & Honikel, K. O. (1996). Comparative studies of pyruvate kinase from PSE and normal pig muscles. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 203, 14-20.
- Shalaby, E. (2011). Algae as promising organisms for environment and health. *Plant signaling & behavior*, 6(9), 1338-1350.
- Shapira, N., Weill, P., & Loewenbach, R. (2008). Egg fortification with n-3 polyunsaturated fatty acids (PUFA): nutritional benefits versus high n-6 PUFA western diets, and consumer acceptance. *The Israel Medical Association Journal: IMAJ*, 10(4), 262-265.
- Shields, R. J., & Lupatsch, I. (2012). Algae for aquaculture and animal feeds. *J Anim Sci*, 21(1), 23-37.
- Sime, I. (2004). *The freshwater algal flora of the British Isles: An identification guide to freshwater and terrestrial algae*, edited by David M. John, Brian A. Whitton and Alan J. Brook. Cambridge University Press, Cambridge, 2002, 702pp. ISBN 0-521-77051-3.
- Šimkus, A., Oberauskas, V., Laugalis, J., Želvytė, R., Monkevičienė, I., Sederevičius, A., ... & Pauliukas, K. (2007). The effect of weed *Spirulina platensis* on the milk production in cows.

- Soeder, C. J. (2017). An historical outline of applied algology. In Handbook of Microalgal Mass Culture (1986) (pp. 25-42). CRC Press.
- Sun, T., Tolba, S. A., Magnuson, A. D., & Lei, X. G. (2022). Excessive *Aurantiochytrium acetophilum* docosa-hexaenoic acid supplementation decreases growth performance and breast muscle mass of broiler chickens. *Algal Research*, 63, 102648.
- Sun, T., Wang, K., Wyman, B., Sudibyo, H., Liu, G., Beal, C., ... & Lei, X. G. (2021). Supplemental dietary full-fatted and defatted *Desmodesmus* sp. exerted similar effects on growth performance, gut health, and excreta hydrothermal liquefaction of broiler chicks. *Algal Research*, 54, 102205.
- Tavernari, F. D. C., Roza, L. F., Surek, D., Sordi, C., Silva, M. L. B. D., Albino, L. F. T., ... & Boiago, M. M. (2018). Apparent metabolisable energy and amino acid digestibility of microalgae *Spirulina platensis* as an ingredient in broiler chicken diets. *British poultry science*, 59(5), 562-567.
- Tibbetts, S. M. (2018). The potential for ‘next-generation’, microalgae-based feed ingredients for salmonid aquaculture in context of the blue revolution. In *Microalgal biotechnology* (Vol. 151, pp. 151-176). London, UK: IntechOpen.
- Tobiszewski, M., Namieśnik, J., & Pena-Pereira, F. (2017). Environmental risk-based ranking of solvents using the combination of a multimedia model and multi-criteria decision analysis. *Green Chemistry*, 19(4), 1034-1042.

- Tokuşoglu, Ö., & Ünal, M. K. (2003). Biomass nutrient profiles of three microalgae: *Spirulina platensis*, *Chlorella vulgaris*, and *Isochrysis galbana*. *Journal of food science*, 68(4), 1144-1148.
- Verschuere, L., Rombaut, G., Sorgeloos, P., & Verstraete, W. (2000). Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. *Microbiology and molecular biology reviews*, 64(4), 655-671.
- Volkman, J. K., & Brown, M. R. (2006). Nutritional value of microalgae and applications.
- Weston, A. R., Rogers, R. W., & Althen, T. G. (2002). The role of collagen in meat tenderness. *The Professional Animal Scientist*, 18(2), 107-111.

MACA BİTKİSİNİN HAYVAN BESLENMESİNDE KULLANIMI

İsmail ÜLGER¹

Hüseyin Mert YÜKSEL²

Mustafa ÖZDEMİR³

1. GİRİŞ

Maca (*Lepidium meyenii*), Peru'nun yüksek rakımlı bölgelerinde yetişebilen ve çok uzun yıllardır alternatif tıpta kullanılan bir bitkidir (Mummenhoff ve ark., 1992). Günümüzde gıda takviyesi olarak ticari ürünler halinde satılmakta ve sadece Peru'ya özgü bir bitki olmaktan çıkıp uluslararası pazarlarda da yaygın olarak kullanılmaktadır (Clément ve ark., 2010a; Clément ve ark., 2010b). Maca temel aminoasitler, yağ asitleri, vitamin ve mineral açısından zengin olduğu için sağlık açısından faydalı olduğu düşünülmektedir (Gonzales, 2012; Clément ve ark., 2010a). Maca'nın Peru dışındaki bölgelerde, özellikle Çin'in Yunan eyaleti ve Tibet'te yetiştirilmeye başlanmasıyla, çevresel koşulların bu bitkinin biyoaktif bileşenlerini ve genel yapısını değiştirdiği görülmektedir. Araştırmalar, maca'nın yetiştirildiği bölgenin, renk varyasyonlarının ve işleme yöntemlerinin besin içeriği ve fitokimyasal profili üzerinde önemli etkilerinin olduğunu göstermektedir (Clément ve ark., 2010b; Campos ve ark., 2013). Örneğin, kırmızı ve siyah maca, enerji artışı, doğurganlık ve antioksidan, anti-inflamatuar özellikler gibi sağlık

¹ Prof. Dr., Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni, ismailulger@erciyes.edu.tr, ORCID: 0000-0002-9400-6459.

² Arş. Gör., Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni, huseyinmertyuksel@erciyes.edu.tr, ORCID: 0000-0002-9429-8877.

³ Arş. Gör., Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni, mustafa.ozdemir@erciyes.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6160-2484.

faydaları açısından özel ilgi görmüştür. Özellikle siyah maca, doğurganlığı ve dayanıklılığı artırmaya yönelik etkileri ile dikkat çekerken, kırmızı maca prostat sorunlarının tedavisinde ve cilt korumasında umut verici sonuçlar vermiştir (Dini ve ark., 1994; Campos ve ark., 2013).

Maca bitkisinin biyoaktif bileşikleri ve besin içeriği, bitkinin yetiştirildiği çevresel koşullara, yumru köklerinin renk çeşitlerine ve hasat sonrası işleme yöntemlerine göre değişiklik gösterebilir. Maca bitkisinde bulunan macaene ve macamide gibi biyoaktif bileşikler, özellikle maca bitkisine özgü bileşikler olarak tanımlanmıştır (Muhammad ve ark., 2002; McCollom ve ark., 2005; Zhao ve ark., 2005). Peru dışındaki ortamlarda, özellikle sera koşullarında yetiştirilen maca bitkilerinde bu biyoaktif bileşiklerin, özellikle macamide, daha düşük miktarlarda olduğu ya da hiç bulunmadığı bildirilmiştir (Melnikovova ve ark., 2012).

Maca, kuru maddede %12,8 protein, %1,5 yağ, %23,5 lif ve %5,2 kl içeriğinin yanı sıra amino asit profili, özellikle glutamik asit, arjinin ve aspartik asit gibi esansiyel amino asitler bakımından oldukça zengin olduğunu ortaya koymaktadır (Korkmaz ve Bilal, 2014). Bunun yanı sıra, maca kalsiyum ve potasyum minerallerini de bünyesinde barındırması nedeniyle besin değeri açısından değerli hale gelmektedir (Tafari ve ark., 2019).

Hayvan beslenmesinde maca'nın yem katkı maddesi olarak kullanılmasıyla ilgili yapılan araştırmalar performans kriterleri üzerinde olumlu etkiler sağladığını göstermektedir. Özellikle sperm kalitesi ve yaşama gücü, yemden yararlanma oranı gibi önemli parametrelerde iyileşmeler kaydedilmiştir. Lee ve ark. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, maca'nın yem katkı maddesi olarak kullanıldığında sperm motilitesi ve yaşama gücü üzerinde olumlu etkiler sağladığı bildirilmiştir. Benzer şekilde,

Del Prete ve ark. (2018), maca'nın yemden yararlanma oranını artırarak büyüme performansına katkı sağladığını göstermiştir.

Bu çalışma, Maca bitkisinin hayvan beslenmesinde kullanım potansiyelini incelemekte ve bu konudaki mevcut araştırma eksikliklerine katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Özellikle Maca'nın antioksidan özellikleri, üreme sağlığı üzerindeki etkileri ve genel performans iyileştirici potansiyeli üzerine sınırlı sayıda yapılmış çalışmalardan hareketle, bu çalışmada Maca'nın çeşitli hayvan türlerinde nasıl bir etki yarattığı araştırılacaktır. Ayrıca, modern hayvancılıkta antibiyotik kullanımının sınırlandırılması gerekliliği göz önüne alındığında, doğal yem katkı maddelerine olan ilgi artmıştır. Bu bağlamda, Maca'nın doğal bir alternatif olarak hayvan sağlığına katkı sağlama potansiyelini değerlendirmek, sürdürülebilir hayvancılık uygulamalarına yönelik yeni yaklaşımlar geliştirilmesine katkıda bulunabilir.

Bu çalışmada, Maca'nın yem katkı maddesi olarak kullanımının hayvan sağlığı ve performansı üzerinde olumlu etkiler yaratacağı hipotezi öne sürülmektedir. Elde edilecek sonuçlar, yem katkı maddesi olarak bitkisel kaynakların kullanımına dair literatüre önemli katkılar sunacaktır.

2. HAYVAN BESLEMEDE KULLANIMI

Antibiyotiklerin Avrupa Birliği'nde 2006 yılında yem katkı maddesi olarak yasaklanmasının ardından, sindirim sistemi sağlığını desteklemek ve bağırsak mikrobiyotasını dengelemek için doğal alternatifler aranmaya başlanmıştır (Korkmaz, 2018). Bitkisel kaynaklı biyoaktif bileşikler, antibiyotiklere alternatif olarak büyük ilgi görmektedir. Bu kapsamda maca bitkisinde bulunan N-benzil-palmitamid, benzilizotiyosiyanat, glukozinolatlar ve fenolik bileşikler gibi biyoaktif maddelerin, lipid, mineral ve antioksidan metabolizmaları üzerinde önemli etkiler sağladığı gösterilmiştir (Večeřa ve ark., 2007; Campos ve ark., 2013; Liu ve ark., 2015; Cetin ve ark., 2021). Bu biyoaktif mad-

delerin sindirim sistemi sağlığını iyileştirme, enflamasyonu azaltma ve genel performans ı artırma potansiyelleri, maca'nın yem katkı maddesi olarak daha fazla incelenmesine yol açmak-tadır.

Maca'nın kanatlı hayvanlar üzerindeki etkilerini incele-yen çalışmalar oldukça sınırlıdır fakat yapılan çalışma sonuçları araştırma sayısının artması yönünde bulgular sunmaktadır. Cufadar ve ark. (2023) erkek bıldırcınlar üzerinde yaptığı alış-mada, yemlerine %5 oranında maca tozu eklenmesinin perfor-mans ltleri ve et pH değerleri üzerinde anlamlı bir etkisinin bulunmadığı, ancak göğüs eti rengi üzerinde önemli bir fark yarattığı bildirilmiştir. Bu bulgular, macanın bıldırcın etinin gr-sel özelliklerine etki edebileceğini, ancak performans ve pH gibi diğer et kalitesi kriterlerine etkisinin sınırlı olduğunu göstermek-tedir. Korkmaz ve ark. (2016) yaptığı bir çalışmada, maca tozu ilavesinin yumurtacı tavuklarda performans, yumurta kalitesi, serum parametreleri, hormonlar ve antioksidan enzim seviyele-rinde oluşan farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bil-dirilmiştir. Bu durum, maca'nın bu tür hayvanlarda üretkenlik ve sağlık açısından olumsuz bir etki yapmadığını göstermekte-dir. Turgud ve Narin (2022) tarafından yapılan bir çalışmada damızlık bıldırcın rasyonuna %0,1 oranında maca tozu eklenme-si sonucunda embriyonik ölüm oranının azaldığı ve civciv kalite-sinde artışlar yaşandığı bildirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ras-yona maca ilavesinin üreme sağlığı üzerinde olumlu etkiler ya-pabileceğini göstermiştir. Olgun ve ark. (2022) tarafından yapı-lan çalışmada, büyüme döneminde olan bıldırcınların rasyonuna 2 g/kg oranında maca tozu ilavesi yapılmıştır. Çalışmada yem-den yararlanma, serum testosteron seviyesi ve ileum özellikleri-ni iyileştirdiği rapor edilmiştir. Elde edilen sonuçlar rasyona maca ilavesinin büyüme performansını arttırma yöneliminde olabileceğini göstermektedir. Yapılan alışmalar genel sağlık ve performans kriterlerinde olumlu etkiler ortaya çıkarabileceğini

göstermektedir. Çalışmalar arasında ortaya çıkan farklılıkların tür, rasyon, ortam ve diğer şartlardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle daha fazla yapılması durumunda maca bitkisinin rasyona ilavesinin kanatlı verim ve performans üzerindeki etkisinin belirlenmesinde önemli olabileceği düşünülmektedir.

Kanatlı hayvan beslemesinde olduğu gibi diğer hayvanlarda da maca bitkisinin beslenmede kullanıldığı çalışma sayısı sınırlıdır. Clément ve ark. (2012) damızlık boğalar üzerinde yaptığı bir çalışmada, rasyonlara maca tozu ilavesinin sperm kalitesi ve sayısını artırdığı tespit edilmiştir. Clément ve ark. (2010a) tarafından koyunlar üzerinde yapılan başka bir çalışmada maca'nın çiftleşme ve ejakülasyon sayısını artırdığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar, maca'nın çiftlik hayvanlarının üreme performansı üzerindeki etkilerini doğrulamaktadır. Bunun yanı sıra Bilal ve ark. (2016) tarafından yarış atları üzerinde gerçekleştirdiği bir çalışmada, maca tozunun canlı ağırlık ve ortalama günlük yem tüketimi üzerinde anlamlı bir etkisi bulunamadığı bildirilmiştir. Benzer şekilde, El-Sheikh ve ark. (2019) tarafından tavşanlar üzerinde yapılan çalışmada, maca ilavesinin canlı ağırlık, günlük yem tüketimi, yavru büyüklüğü, yavru ağırlığı veya süt üretimi üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı rapor edilmiştir.

Kanatlı hayvan beslemesinde olduğu gibi diğer hayvanlarla yapılan çalışma sonuçlarında ortaya çıkan tutarsızlıklar çalışma sayısının az olduğundan kaynaklandığı düşünülebilir. Besleme alanında çalışma sayısının artması maca bitkisinin hayvan beslemesinde kullanılmasını sağlayarak antioksidan ve besleyici özelliklerinden faydalanılmasını sağlayabilir.

3. FİZYOLOJİK VE BİYOLOJİK ETKİLERİ

Maca, içerdği glukozinolatlar, askorbik asit, karotenoidler ve flavonoidler gibi biyoaktif bileşenler sayesinde güçlü antioksidan özellikler göstermektedir (Valentová ve Ulrichová, 2003). Bu antioksidan bileşenlerin, hücreleri serbest radikallerin neden olduğu oksidatif strese karşı koruma kapasitesi önemli bir avantajdır (Valentová ve Ulrichová, 2003). Maca'nın antioksidan etkilerinin, spermatogenezis üzerindeki olumlu etkilerle de bağlantılı olduğu düşünülmektedir. Maca uygulaması oksidatif strese karşı sağladığı koruma nedeniyle sperm kalitesi ve hareketliliğini arttırdığı belirtilmiştir (Gasco ve ark., 2007; Yucra ve ark., 2008). Ayrıca hem in vitro hem de in vivo çalışmalarda, maca'nın sinir hücrelerini hasardan koruyarak nöroprotektif bir etki sağladığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmalar, maca'nın merkezi sinir sistemine yönelik olumlu etkilerini desteklemekte ve yaşa bağlı sinirsel hasarları önlemede potansiyel bir rol oynayabileceğini öne sürmektedir (Sandoval ve ark., 2002).

Maca'nın ratlarda femoral kemik kalınlığını artırdığını ve lumbal vertebra kemik yoğunluğunu iyileştirdiği ve ortaya çıkan etkilerin östrojen, luteinize edici hormon ve folikül stimüle edici hormon düzeylerinde herhangi bir değişiklik olmaksızın gerçekleşmesi nedeniyle kemik gelişimini hormon mekanizmasından bağımsız olarak etkileyebileceği düşünülmektedir (Zhang ve ark., 2006; Gonzales ve ark., 2010). Bunun yanı sıra kırmızı maca, özellikle omurga yapısındaki bozulmaları engelleyerek kemik yoğunluğunu artırırken, siyah maca'nın da benzer şekilde ovariektomi sonrası kemik kaybını azaltma potansiyeline sahip olduğu belirtilmiştir (Gonzales ve ark., 2010). Bu bulgular, menopoz sonrası kadınlarda görülen kemik kaybı ve osteoporoz riskini azaltma potansiyeline sahip bir bitkisel destek olabileceğini göstermektedir. Ayrıca, maca'nın bu etkileri hormon tedavisi gerektirmeden sağlaması, yan etkilerden kaçınmak isteyen

bireyler için umut verici bir seçenek olabilir. Bu etkilerin yanı sıra, maca'nın diğerk sağlık yararları da göz önünde bulundurulduğunda, bu bitkinin, genel sağlık ve özellikle kemik sağlığı üzerinde geniş bir etki yelpazesine sahip olabileceği düşünölmektedir. Maca, geleneksel kullanımları dışında modern tıpta kemik sağlığını destekleyici bir doğal takviye olarak potansiyelini korumaktadır.

Maca bitkisinin toksikolojik etkileri üzerine yapılan çalışmalar rasyona eklemenin toksikolojik açıdan negatif bir olaya yol açmayacağını göstermiştir. Chung ve ark. (2005) tarafından yapılan bir araştırmada, normal dozun 10 katı dozda uygulandığında bile maca'nın ratlar üzerinde herhangi bir toksik etki göstermediği rapor edilmiştir. Bu çalışmanın yanı sıra rasyona maca ilavesinin karaciğer, dalak ve üreme organları üzerinde herhangi bir olumsuz etkisinin bulunmadığı ve embriyo toksisitesine neden olmadığı bildirilmiştir (Benavides ve Pino 2004; Valentová ve ark. 2006).

Maca kökünden elde edilen ekstreler, enerji metabolizmasında önemli rol oynayan, kolayca hidrolize olabilen karbonhidratlar içermektedir (Valentová ve Ulrichová, 2003). Ovariektomi uygulanmış farelerde fiziksel performansı artırdığı ve depresyonun neden olduğu hareketsizlik süresini azalttığı bildirilmiştir (Rubio ve ark., 2006). Bunun yanı sıra Cicero ve ark. (2001) tarafından yapılan çalışmada maca'nın doza bağlı olarak lokomotor aktiviteleri artırdığını gözlemlemiştir. Hiperlipidemik farelerde yapılan çalışmalar, maca'nın kan glikozu, plazma lipidleri ve karaciğer kolesterol seviyelerini düşürdüğünü gözlemlenmiştir (Meissner ve ark., 2006; Veera ve ark., 2007; Gonzales ve ark., 2013b). Bu bulgular, maca'nın hem enerji metabolizması hem de lipid metabolizması üzerinde olumlu etkilerinin yanı sıra fiziksel ve zihinsel enerji seviyelerini artırabileceğini göstermektedir.

Cicero ve ark. (2001) tarafından yapılan bir çalışmada, erkek farelerde sperm kalitesi ve motilitesinde belirgin bir artış gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, Zheng ve ark. (2000) alışmasında maca'nın erkek farelerde cinsel performansı artırdığı ve bu etkinin sperm sayısına da olumlu yansıdığı belirtilmiştir. Ayrıca, dişi fareler üzerinde yapılan araştırmalar, macanın gebelik oranını artırdığını ve doğan yavruların yaşama gücünü iyileştirdiğini göstermektedir (Ruiz-Luna ve ark., 2005). Bu bulgular, maca'nın dişi üreme sistemi üzerindeki olumlu etkilerini doğrulamaktadır. Başka bir çalışmada erkek farelerde maca kullanımının testosteron düzeylerini artırdığı rapor edilmiştir, ancak dişi farelerde östrojen düzeylerinde bir değişiklik gözlemlenmediği bildirilmiştir (Oshima ve ark., 2003). Elde edilen sonuçlar ras-yona maca ilavesinin üreme performansını etkilediğini göstermektedir. Çalışma sayısının artması ile birlikte çalışmaların tutarlılığı artacak ve üreme performansı üzerine etkisinin daha net görölmesi sağlanacaktır.

Meissner ve ark., (2006) tarafından ovariektomili ratlar üzerinde yapılan bir çalışmada, maca'nın 250 mg/kg CA dozunda uygulandığında, stres hormonları olan ACTH (Adrenokortikotropik Hormon) ve kortizol seviyelerinde önemli bir azalma sağlandığı bildirilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuç maca uygulamasının stres belirtilerini azalttığını rapor etmiştir ve macanın stresle mücadele kapasitesi, bu hormonların seviyesini düzenleyerek farelerde kaygı düzeyini ve davranışsal stresi azaltmada etkili olduğunu göstermektedir (Meissner ve ark., 2006). ópez-Fando ve ark., (2004) tarafından yapılan bir çalışmada maca uygulamasının stres ortamındaki farelerde kortikosteron düzeylerini düşürdüğü ve stres kaynaklı gastrik ülser riskini azalttığı bildirilmiştir. Stresin biyokimyasal etkileri olan kortikosteron ve kortizolun düşmesi, maca'nın vücudun stresle bařa çıkma mekanizmasında rol oynayabileceği düşünülmektedir. Yapılan alışmalar, maca'nın adaptogen özellikleri ile stresin

neden olduğu fizyolojik bozukluklara karşı koruyucu etkiler sağladığını ve hem merkezi sinir sistemi hem de sindirim sistemi üzerinde olumlu sonuçlar doğurabileceğini göstermektedir. Stres ve depresyon yönetiminde maca'nın potansiyel kullanımı, özellikle doğal tedavi seçenekleri arayanlar için ilgi çekici bir çözüm olabilir.

Maca bitkisinde bulunan polisakkaritler, probiyotik aktiviteyi artırarak genel sağlık üzerinde olumlu etkiler sağlayabilmektedir. Markowiak ve Śliżewska (2017) tarafından yapılan çalışmada, macadaki polisakkaritlerin bağırsak sağlığını destekleyici ve mikrobiyotayı iyileştirici özelliklere sahip olduğunu bildirilmiştir. Bu polisakkaritler, probiyotiklerin büyümesini teşvik ederek bağırsak sağlığına katkıda bulunabilir. Lee ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada ise maca köklerinden elde edilen nötr polisakkaritlerin prebiyotik özelliklerinin, geleneksel olarak bilinen prebiyotik inülden daha güçlü olduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada, bu polisakkaritlerin kısa zincirli yađ asitlerinin (SCFA) üretimini artırdığını ve bunun bağırsak sağlığına olumlu etkiler sağladığını rapor edilmiştir Lee ve ark. (2020). Ayrıca, bu polisakkaritlerin bağırsakta anti-enflamatuar etkileri de geliştirdiğini rapor edilmiştir, bu da macanın enflamasyon kaynaklı bağırsak rahatsızlıklarında potansiyel bir tedavi edici rol oynayabileceğini göstermektedir.

4. SONUÇ

Bu çalışma, Maca (*Lepidium meyenii*) bitkisinin hayvan beslenmesinde kullanım potansiyelini ve olası faydalarını araştırmıştır. Çalışmalar, Maca'nın sperm kalitesini ve motilitesini artırdığı, bağışıklık sistemi üzerinde destekleyici etkiler sunduğu ve antioksidan özellikleri sayesinde hücreleri oksidatif stresten koruyabildiğini göstermektedir. Hayvan beslenmesinde Maca'nın eklenmesi, özellikle üreme performansı ve genel sağlık üzerinde olumlu sonuçlar doğurabileceğini göstermektedir. Ancak, bazı türlerde veya spesifik koşullarda bu etkiler daha sınırlı kalmıştır. Bu farklılıkların, Maca'nın biyoaktif bileşenlerinin yetiştirme koşulları, bitkinin işlenme biçimi ve hayvan türlerine göre değişkenlik gösteren etkilerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Maca'nın hayvan beslenmesinde daha yaygın bir kullanımını desteklemek için ek çalışmalar gerekmektedir. Özellikle kanatlı hayvanlar ve diğer çiftlik hayvanları üzerinde yapılacak detaylı araştırmalar, Maca'nın beslenme rejimlerine nasıl entegre edilebileceğini ve performans üzerinde daha belirgin etkiler yaratıp yaratmadığını ortaya koyabilir. Farklı türlerde ve ortam koşullarında yapılacak daha geniş kapsamlı çalışmalar, Maca'nın biyoaktif bileşenlerinin etkisini ve bu etkilerin sürdürülebilir üretim açısından potansiyel faydalarını netleştirecektir. Özellikle antibiyotik kullanımının sınırlandırıldığı modern hayvancılıkta, doğal alternatif arayışları sürerken, Maca gibi bitkisel kaynakların fonksiyonel bir katkı sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

- Benavides, V., & Pino, J. (2004). Preliminary Evaluation Effect of *Lepidium meyenii* Walp on the embryonic development of mouse.
- Bilal, T., Abas, I., Korkmaz, S., Ates, A., Keser, O., & Kumas, C. (2016). Effects of maca (*Lepidium meyenii* Walp) powder on serum indices and metabolic responses in racehorses. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 26(4).
- Campos, D., Chirinos, R., Barreto, O., Noratto, G., & Pedreschi, R. (2013). Optimized methodology for the simultaneous extraction of glucosinolates, phenolic compounds and antioxidant capacity from maca (*Lepidium meyenii*). *Industrial Crops and Products*, 49, 747-754.
- Cetin, I., Belenli, D., Yeşilbağ, D., Korkmaz Turgud, F., & Narinç, D. (2021). Influence of supplementation with plant extract mixture on growth performance and blood parameters in quail diets. *Acta Veterinaria Eurasia*.
- Chen, L., Li, J., & Fan, L. (2017). The nutritional composition of maca in hypocotyls (*Lepidium meyenii* Walp.) cultivated in different regions of China. *Journal of Food Quality*, 2017(1), 3749627.
- Chung, F., Rubio, J., Gonzales, C., Gasco, M., & Gonzales, G. F. (2005). Dose-response effects of *Lepidium meyenii* (Maca) aqueous extract on testicular function and weight of different organs in adult rats. *Journal of ethnopharmacology*, 98(1-2), 143-147.

- Cicero, A. F., Bandieri, E., & Arletti, R. (2001). *Lepidium meyenii* Walp. improves sexual behaviour in male rats independently from its action on spontaneous locomotor activity. *Journal of ethnopharmacology*, 75(2-3), 225-229.
- Clément, C., Diaz, D., Manrique, I., Avula, B., Khan, I. A., Ponce Aguirre, D. D., ... & Kreuzer, M. (2010b). Secondary metabolites in maca as affected by hypocotyl color, cultivation history, and site. *Agronomy Journal*, 102(2), 431-439.
- Clément, C., Kneubühler, J., Urwyler, A., Witschi, U., & Kreuzer, M. (2010a). Effect of maca supplementation on bovine sperm quantity and quality followed over two spermatogenic cycles. *Theriogenology*, 74(2), 173-183.
- Clément, C., Witschi, U., & Kreuzer, M. (2012). The potential influence of plant-based feed supplements on sperm quantity and quality in livestock: A review. *Animal reproduction science*, 132(1-2), 1-10.
- CUFADAR, Y., GÖKMEN, S. A., & SEVİM, B. (2023). Erkek Bıldırcın Rasyonlarına Maca Tozu (*Lepidium meyenii*) İlavesinin Performans, Et Rengi ve pH'sı Üzerine Etkile-ri. *Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi*, 3(1), 14-23.
- Del Prete, C., Tafuri, S., Ciani, F., Pasolini, M. P., Ciotola, F., Albarella, S., ... & Cocchia, N. (2018). Influences of dietary supplementation with *Lepidium meyenii* (Maca) on stallion sperm production and on preservation of sperm quality during storage at 5 C. *Andrology*, 6(2), 351-361.
- Dini, A., Migliuolo, G., Rastrelli, L., Saturnino, P., & Schettino, O. (1994). Chemical composition of *Lepidium meyenii*. *Food chemistry*, 49(4), 347-349.

- El-Sheikh, T. M., Abuoghaba, A. A., MA, K. G., & Wadea, M. K. (2019). IMPACT OF MACA ADMINISTRATION ON THE CONCEPTION RATE AND REPRODUCTIVE PERFORMANCE OF RABBIT DOES OF DIFFERENT BREEDS. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*, 22(3), 589-596.
- Gonzales, C., Cárdenas-Valencia, I., Leiva-Revilla, J., Anza-Ramirez, C., Rubio, J., & Gonzales, G. F. (2010). Effects of different varieties of Maca (*Lepidium meyenii*) on bone structure in ovariectomized rats. *Forschende Komplementärmedizin/Research in Complementary Medicine*, 17(3), 137-143.
- Gonzales, G. F. (2012). Ethnobiology and ethnopharmacology of *Lepidium meyenii* (Maca), a plant from the Peruvian highlands. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012(1), 193496.
- Gonzales, G. F., Gonzales-Castañeda, C., & Gasco, M. (2013a). A mixture of extracts from Peruvian plants (black maca and yacon) improves sperm count and reduced glycemia in mice with streptozotocin-induced diabetes. *Toxicology mechanisms and methods*, 23(7), 509-518.
- Gonzales, G. F., Vasquez, V. B., & Gasco, M. (2013b). The transillumination technique as a method for the assessment of spermatogenesis using medicinal plants: the effect of extracts of black maca (*Lepidium meyenii*) and camu camu (*Myrciaria dubia*) on stages of the spermatogenic cycle in male rats. *Toxicology Mechanisms and Methods*, 23(8), 559-565.
- Hermann, M. (1997). Andean roots and tubers: ahipa, arracacha, maca and yacon (Vol. 21). International Potato Center.

- Korkmaz, S. (2018). Antioxidants in maca (*Lepidium meyenii*) as a supplement in nutrition. *Antioxidants in Foods and its Applications*, 138-154.
- KORKMAZ, S., & BİLAL, T. (2014). Maca (*Lepidium Meyenii*) bitkisinin yem katkı maddesi olarak kullanım alanlarına yaklaşım. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 54(1), 39-45.
- Korkmaz, S., Eseceli, H., Korkmaz, I. O., & Bilal, T. (2016). Effect of Maca (*Lepidium meyenii*) powder dietary supplementation on performance, egg quality, yolk cholesterol, serum parameters and antioxidant status of laying hens in the post-peak period. *European Poultry Science/Archiv für Geflügelkunde*, 80(147).
- Lee, K. J., Dabrowski, K., Rinchar, J., Gomez, C., Guz, L., & Vilchez, C. (2004). Supplementation of maca (*Lepidium meyenii*) tuber meal in diets improves growth rate and survival of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) alevins and juveniles. *Aquaculture Research*, 35(3), 215-223.
- Lee, Y. K., Jung, S. K., & Chang, Y. H. (2020). Rheological properties of a neutral polysaccharide extracted from maca (*Lepidium meyenii* Walp.) roots with prebiotic and anti-inflammatory activities. *International journal of biological macromolecules*, 152, 757-765.
- Li, G., Ammermann, U., & Quirós, C. F. (2001). Glucosinolate contents in maca (*Lepidium peruvianum* Chacón) seeds, sprouts, mature plants and several derived commercial products. *Economic botany*, 255-262.

- Liu, H., Jin, W., Fu, C., Dai, P., Yu, Y., Huo, Q., & Yu, L. (2015). Discovering anti-osteoporosis constituents of maca (*Lepidium meyenii*) by combined virtual screening and activity verification. *Food Research International*, 77, 215-220.
- López-Fando, A., Gómez-Serranillos, M. P., Iglesias, I., Lock, O., Upamayta, U. P., & Carretero, M. E. (2004). *Lepidium peruvianum* chacon restores homeostasis impaired by restraint stress. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 18(6), 471-474.
- Markowiak, P., & Śliżewska, K. (2017). Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health. *Nutrients*, 9(9), 1021.
- McCollom, M. M., Villinski, J. R., McPhail, K. L., Craker, L. E., & Gafner, S. (2005). Analysis of macamides in samples of Maca (*Lepidium meyenii*) by HPLC-UV-MS/MS. *Phytochemical Analysis: An International Journal of Plant Chemical and Biochemical Techniques*, 16(6), 463-469.
- Meissner, H. O., Kedzia, B., Mrozikiewicz, P. M., & Mscisz, A. (2006). Short and long-term physiological responses of male and female rats to two dietary levels of pre-gelatinized Maca (*Lepidium Peruvianum Chacon*). *International Journal of Biomedical Science: IJBS*, 2(1), 13.

- Meissner, H. O., Mscisz, A., Reich-Bilinska, H., Kapczynski, W., Mrozikiewicz, P., Bobkiewicz-Kozłowska, T., ... & Barchia, I. (2006). Hormone-balancing effect of pre-gelatinized organic Maca (*Lepidium peruvianum* Chacon):(II) physiological and symptomatic responses of early-postmenopausal women to standardized doses of Maca in double blind, randomized, placebo-controlled, multi-centre clinical study. *International journal of biomedical science: IJBS*, 2(4), 360.
- Melnikovova, I., Havlik, J., Cusimamani, E. F., & Milella, L. (2012). Macamides and fatty acids content comparison in maca cultivated plant under field conditions and greenhouse. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 11(5), 420-427.
- Muhammad, I., Zhao, J., Dunbar, D. C., & Khan, I. A. (2002). Constituents of *Lepidium meyenii* 'maca'. *Phytochemistry*, 59(1), 105-110.
- Mummenhoff, K., Hurka, H., & Bandelt, H. J. (1992). Systematics of Australian *Lepidium* species (Brassicaceae) and implications for their origin: evidence from IEF analysis of Rubisco. *Plant Systematics and Evolution*, 183, 99-112.
- National Research Council, Policy, Global Affairs, Board on Science, Technology for International Development, & Ad Hoc Panel of the Advisory Committee on Technology Innovation. (1989). *Lost crops of the Incas: little-known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation*. National Academies Press.

- Olgun, O., Gül, E. T., Tüzün, A. E., & Yıldız, A. (2022). Effect of maca powder supplementation to growing quail diets on performance, carcass, serum constituents and hormones, and bone and ileum characteristics. *Tropical Animal Health and Production*, 54(4), 239.
- Onaolapo, A. Y., Oladipo, B. P., & Onaolapo, O. J. (2018). Cyclophosphamide-induced male subfertility in mice: An assessment of the potential benefits of Maca supplement. *Andrologia*, 50(3), e12911.
- Oshima, M., Gu, Y., & Tsukada, S. (2003). Effects of *Lepidium meyenii* Walp and *Jatropha macrantha* on blood levels of estradiol-17 β , progesterone, testosterone and the rate of embryo implantation in mice. *Journal of Veterinary Medical Science*, 65(10), 1145-1146.
- Pan, Y., Zhang, J., Li, H., Wang, Y. Z., & Li, W. Y. (2016). Characteristic fingerprinting based on macamides for discrimination of maca (*Lepidium meyenii*) by LC/MS/MS and multivariate statistical analysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(13), 4475-4483.
- Rubio, J., Riqueros, M. I., Gasco, M., Yucra, S., Miranda, S., & Gonzales, G. F. (2006). *Lepidium meyenii* (Maca) reversed the lead acetate induced—Damage on reproductive function in male rats. *Food and Chemical Toxicology*, 44(7), 1114-1122.
- Ruiz-Luna, A. C., Salazar, S., Aspajo, N. J., Rubio, J., Gasco, M., & Gonzales, G. F. (2005). *Lepidium meyenii* (Maca) increases litter size in normal adult female mice. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 3, 1-6.

- Sandoval, M., Okuhama, N. N., Angeles, F. M., Melchor, V. V., Condezo, L. A., Lao, J., & Miller, M. J. (2002). Antioxidant activity of the cruciferous vegetable Maca (*Lepidium meyenii*). *Food chemistry*, 79(2), 207-213.
- Tafari, S., Cocchia, N., Carotenuto, D., Vasseti, A., Staropoli, A., Mastellone, V., ... & Ciani, F. (2019). Chemical analysis of *Lepidium meyenii* (Maca) and its effects on redox status and on reproductive biology in stallions. *Molecules*, 24(10), 1981.
- Tang, W., Jin, L., Xie, L., Huang, J., Wang, N., Chu, B., ... & Zhang, Y. (2017). Structural characterization and antifatigue effect in vivo of maca (*Lepidium meyenii* Walp) polysaccharide. *Journal of food science*, 82(3), 757-764.
- Turgud, F. K., & Nariñ, D. (2022). Influences of dietary supplementation with Maca (*Lepidium meyenii*) on performance, parameters of growth curve and carcass characteristics in Japanese quail. *Animals*, 12(3), 318.
- Valentová, K., & Ulrichová, J. (2003). *Smallanthus sonchifolius* and *Lepidium meyenii*-prospective Andean crops for the prevention of chronic diseases. *Biomedical Papers*, 147(2), 119-130.
- Valentová, K., Buckiová, D., Křen, V., Pěkníková, J., Ulrichová, J., & Šimánek, V. (2006). The in vitro biological activity of *Lepidium meyenii* extracts. *Cell biology and toxicology*, 22, 91-99.
- Večeřa, R., Orolin, J., Škottová, N., Kazdová, L., Oliyarnik, O., Ulrichová, J., & Šimánek, V. (2007). The influence of maca (*Lepidium meyenii*) on antioxidant status, lipid and glucose metabolism in rat. *Plant Foods for Human Nutrition*, 62(2), 59-63.

- Yucra, S., Gasco, M., Rubio, J., Nieto, J., & Gonzales, G. F. (2008). Effect of different fractions from hydroalcoholic extract of Black Maca (*Lepidium meyenii*) on testicular function in adult male rats. *Fertility and sterility*, 89(5), 1461-1467.
- Zhang, Y., Yu, L., Ao, M., & Jin, W. (2006). Effect of ethanol extract of *Lepidium meyenii* Walp. on osteoporosis in ovariectomized rat. *Journal of ethnopharmacology*, 105(1-2), 274-279.
- Zhao, J., Muhammad, I., Dunbar, D. C., Mustafa, J., & Khan, I. A. (2005). New alkamides from maca (*Lepidium meyenii*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(3), 690-693.
- Zheng, B. L., He, K., Kim, C. H., Rogers, L., Shao, Y., Huang, Z. Y., ... & Zheng, Q. Y. (2000). Effect of a lipidic extract from *Lepidium meyenii* on sexual behavior in mice and rats. *Urology*, 55(4), 598-602.

THE EFFECTS OF NUTRITION ON IMMUNE SYSTEM IN CALVES

Elif Rabia řANLI¹

Serkan řÖZKAYA²

1. INTRODUCTION

Newborn calf mortality is a significant issue in cattle farms, often leading to substantial economic losses. The primary cause of this is passive transfer insufficiency. In ruminant animals, the transfer of immunoglobulins (Ig) from the placenta is very low, which results in calves being born hypogammaglobulinemic, meaning they are born with insufficient gamma globulin in their blood (şentürk, 2022). The immune system becomes active at birth, but it gradually matures and becomes fully functional over time. Therefore, the health of newborn calves is critical for both short-term survival and long-term well-being (Anonim, 2020). The development and strengthening of the immune system are closely related to nutrition (Fischer-Flustos, Welboren, Hare, & Steele, 2020). This section provides a detailed examination of the relationship between nutrition and immune function in calves, based on current findings.

¹ Arş. Gör., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zoote kni Bölümü, e-mail: elifsanli@isparta.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6862-6048.

² Prof. Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zoote kni Bölümü, e-mail: serkanozkaya@isparta.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3389-0188.

2. IMMUNE SYSTEM

The immune system constitutes a relatively small portion of the total nutritional requirements in a healthy animal. However, the activation of the immune system in response to a threat has a significant impact on the nutritional status and the requirement for various nutrients. Nutrient deficiencies increase susceptibility to most infectious diseases, including bacterial, viral, and parasitic infections (Carroll, McArthur, & Welsh, 2007).

In general, adequate immunological protection requires the proper functioning and development of both innate and acquired immunity. The immune system is fundamentally categorized into innate and acquired immunity (Carroll, McArthur, & Welsh, 2007).

2.1. Innate immunity

The innate immune system is the body's mechanism for fighting diseases. This system emerges immediately after exposure to antigens, incorporating not only physical barriers such as skin, mucosal secretions, tears, urine, and stomach acid, but also complement and non-antigen-specific cellular components. Innate immunity forms the first line of defense against pathogens such as bacteria, viruses, protozoa, and fungi (Tizard, 2023). Additionally, beneficial bacteria in the gut and respiratory tract contribute to this defense line (Biga, et al., 2024). While innate immunity is present, it can vary in its effectiveness depending on factors such as dehydration, injury, nutritional status, genetics, and even stress. When functioning properly, the innate immune system detects pathogenic microorganisms entering the body through physical barriers, preventing disease formation (Tourkochristou, Triantos, & Mouzaki, 2021).

The cellular components of the innate immune system include phagocytic cells, natural killer cells, and cells that release inflammatory mediators (basophils, mast cells, and eosinophils). Phagocytic cells such as neutrophils, monocytes, macrophages, and dendritic cells ensure that pathogens are eliminated before they have a chance to replicate and cause disease at infection sites (Janeway, Travers, Walport, & Shlomchik, 2001; Alberts, et al., 2015).

While innate immunity provides some defensive mechanisms, the adaptive (acquired) immune system develops later, making calves more susceptible to infections (Bahroz & Saleh, 2022).

2.2. Adaptive immunity

The immune system that adapts to every encountered antigen and generates a specific immune response is referred to as the adaptive immune system (Janeway, Travers, Walport, & Shlomchik, 2001; Abbas, Lichtman, & Pillai, 2023). The adaptive immune system is characterized by the production of antibodies that are directed against specific antigens and possess immunological memory (Chaplin, 2010). For instance, the use of vaccines to protect animals from various pathogens is an example of adaptive immunity (Plotkin, 2008). Adaptive immunity is divided into two types: cell-mediated and humoral immunity. Cell-mediated immunity represents the immune response associated with immune cells that directly affect pathogen-infected cells (Murphy, et al., 2017). Humoral immunity involves the production of specific antibodies against invading pathogens (Abbas, Lichtman, & Pillai, 2023).

Adaptive immunity involves the participation of T and B lymphocytes, which are specialized white blood cells critical to the immune response. B cells produce antibodies that recognize and bind to a specific antigen in its natural form (Wakim &

Grewal, 2020). T cells, which are divided into two groups—helper T (TH) cells (TH1 and TH2) and cytotoxic T lymphocytes (CTL)—mediate cell-mediated immunity (Parham, 2021). TH cells produce cytokines to help T and B lymphocytes grow and divide, and to aid in the production of more cells to fight future infections (Chaplin, 2010). CTLs express antibodies on their cell surfaces and can mediate the destruction of pathogen-infected cells (Murphy, et al., 2017). The antibodies produced by CTLs take various forms and are called immunoglobulins (Ig) (Carroll, McArthur, & Welsh, 2007; Murphy, et al., 2017). Immunoglobulins are classified as IgG, IgM, and IgA. IgG detects pathogens and destroys them, as it is small enough to be transported to other parts of the body (Murphy, et al., 2017). IgM serves as the first line of defense during sepsis and remains in the bloodstream to protect against invasive bacteria due to its large molecular size (Wakim & Grewal, 2020). IgA protects mucosal surfaces such as the gut, preventing pathogens from adhering to the intestinal surface and causing disease (Parham, 2021; Mayer, 2017).

3. THE RELATIONSHIP BETWEEN IMMUNE SYSTEM and NUTRITION

The immune system of calves is a complex system that continues to develop from birth. This system protects the body against pathogenic microorganisms. Nutrition is one of the most important factors that directly affect the development and function of this system.

3.1. Passive immunity and colostrum

Colostrum plays a critical role in supporting the immune system functions in the first hours of a calf's life. The maternal microbiota and the calf's intestinal microbiota play significant roles in this process. Colostrum provides passive immunity to the calf through the transfer of antibodies from the mother. The-

se antibodies protect the calf from diseases during the first weeks after birth. The amount, quality, and timely administration of colostrum are crucial for calf health. Early colostrum intake immediately after birth is essential for the calf's first nutrition, immune system, and gut health. Nutrition directly affects microbial colonization, gut barrier function, and immune system development in calves (Malmuthuge, Griebel, & Guan, 2015; Vlasova & Saif, 2021). The presence of bacteria such as *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* in the gut stimulates immune responses, including the secretion of IgA, which helps protect against systemic inflammation and gut diseases. Pre-weaning feeding management significantly influences the formation of a healthy microbiome and subsequent immune development (Vlasova & Saif, 2021).

Growth factors in colostrum aid in the rapid renewal of the intestinal epithelium, preventing the entry of pathogens. These growth factors (epidermal growth factor [EGF], insulin-like growth factors [IGF-I and IGF-II], and transforming growth factors [TGF- α and TGF- β]) contribute to the rapid renewal of the intestinal epithelium. These factors strengthen the gut barriers in neonates, preventing pathogens from crossing the intestinal mucosa (Godlewski, Slupecka, Wolinski, Skrzypek, & Skrzypek, 2005; Playford, Macdonald, & Johnson, 2000). Additionally, colostrum contains a unique combination of immunoglobulins (IgG, IgA), antimicrobial peptides, and growth factors. These components enhance immunity and strengthen the gut barriers, reducing the risk of infections (Blum & Hammon, 2000).

Colostrum quality directly affects immune functions. The health status of the dam, nutrition, and colostrum yield are the main factors determining colostrum quality. The overall health of the cow, especially infections, mastitis, and immune system

conditions, directly affect colostrum quality. Infected cows generally have lower immunoglobulin concentrations, which reduces the immunological support potential of colostrum (Godden, Lombard, & Woolums, 2019).

Cows' energy, protein, vitamin (A, D, E), and mineral (especially selenium and zinc) intake during pregnancy increases immunoglobulin synthesis and influences the levels of other immune-supporting components in colostrum (Soberon & Amburgh, 2013). Selenium deficiency, in particular, decreases antioxidant levels in colostrum, weakening immune functions. Cows that produce large quantities of colostrum may have lower immunoglobulin concentrations compared to cows that produce smaller amounts. This is known as the "dilution effect," indicating that milk yield and colostrum quality may be inversely related (Quigley, Lago, Chapman, Erickson, & Polo, 2013).

3.2. Active immunity and nutrition

3.2.1. Active immunity and development process

The ability of calves to produce their own antibodies is defined as active immunity, which develops over time, contrasting with innate immunity. Newborn calves lack the ability to produce sufficient antibodies at birth and instead rely on the colostrum antibodies they receive passively from the mother. In the first few weeks post-birth, calves are protected by passive immunity acquired through colostrum. However, the effectiveness of passive immunity is short-lived (about 3-4 weeks). Within a few weeks after birth, the active immune system begins to produce its own antibodies (Godden, Lombard, & Woolums, 2019). Nutrition is critical at this stage as it provides the essential nutrients that form the building blocks for the active immune system. Adequate nutrition, including energy, protein, vitamins (particularly A, D, E, and B complex), and minerals (such as zinc, copper, and selenium), is necessary for the development and functionality of immune cells (Wu, Lewis, Pae, & Meydani, 2019; Suttle, 2022).

3.2.2. Role of energy and carbohydrates

Energy is a fundamental requirement for the metabolic activities of immune cells. Inadequate energy intake weakens calf immunity. Carbohydrates are the most basic nutrient for providing energy and determining the speed of immune system responses. Carbohydrates are particularly important for calves, as they require high energy for rapid growth and disease resistance (Calder, 2013). Moreover, it has been suggested that increased carbohydrate intake can enhance immune system activity, especially the activity of natural killer cells. A diet rich in carbohydrates can boost immunity and reduce the risk of infections (Gleeson, Nieman, & Pedersen, 2004).

When an infection source enters the body, the defense mechanism triggers a fever response. Energy is required for the production of inflammatory cytokines, acute-phase proteins, and antibodies necessary for this response. To meet the increased energy demand, the animal initially conserves energy. Behavioral changes such as increased sleep, reduced social activity, and decreased food-seeking behaviors occur. Additionally, the activation of the immune system requires energy from nutrients to survive and prevent diseases in the animal. Meeting this nutritional energy demand reduces critical economic losses such as decreased feed efficiency, reduced weight gain, and mortality (Carroll, McArthur, & Welsh, 2007).

The immune system of animals is more dependent on the grain or starch content in the diet rather than the energy derived from the feed (Berry, et al., 2004). As the grain or starch content in the diet increases, the incidence of diseases in calves rises. Therefore, the diet provided to the animal should be adjusted based on factors such as the animal's age, weight, previous management, stress levels, and other conditions. This suggests that calves should be fed with energy-rich diets that have low starch

or grain content for the immune system to function effectively (Solanki & Devi, 2020b).

3.2.3. Role of proteins and amino acids

Proteins and amino acids are critical for the production and function of immune system cells. Amino acids, such as glutamine and arginine, have a significant impact on the immune system. These amino acids are used in the synthesis of fundamental immune system components like antibodies and cytokines. Specifically, glutamine provides energy for immune cells, such as lymphocytes and macrophages, and helps them perform their functions. Arginine supports T cell proliferation and nitric oxide production, which is necessary for pathogen elimination (Li, Yin, Li, Kim, & Wu, 2007).

Proteins also aid in the renewal of cells damaged by disease or infection. Glutamine helps maintain intestinal barrier integrity, preventing pathogens from entering the bloodstream and supporting the immune system (Li, Yin, Li, Kim, & Wu, 2007; Li & Wu, 2021).

The protein level in the diet influences body mechanisms such as homeostasis, gluconeogenesis, and amino acid synthesis, thereby improving growth performance (Kim, et al., 2022). Moreover, when calves are provided with adequate and balanced protein content in their feed, their immune system remains strong. As the protein level in the feed increases, immunity also increases (Foote, et al., 2005; Kim, et al., 2022). However, when the protein level in the feed falls below 12% or exceeds 22%, it negatively affects immunity and increases morbidity. The optimal protein level should be in the range of 16-20% on a dry matter basis. Feeds prepared with low-solubility, high bypass protein sources result in a stronger immune system in calves (Solanki & Devi, 2020b). Additionally, plant-based protein

sources can negatively affect immune function compared to animal-based sources (Wang, et al., 2022).

3.2.4. Role of vitamins and minerals

Vitamins and minerals are essential micronutrients that directly affect immunity and result in immune system weakness when deficient.

3.2.4.1. Vitaminler

Vitamins are essential nutrients that need to be supplemented to ensure proper immune system function. Vitamin deficiencies are associated with immune disorders and diseases. Vitamins play crucial roles in processes such as the maintenance and function of lymphocytes, natural killer (NK) cells, and neutrophils, as well as antibody production. Moreover, antioxidant vitamins play a key role in reducing the effects of harmful reactive oxygen species that arise from cellular activities such as oxygen ions, free radicals, and oxygen metabolism. Immune cells, particularly, are highly dependent on antioxidants to protect themselves from such damage. While the body produces its own antioxidants, these mechanisms can be insufficient under high oxidative stress (Carroll, McArthur, & Welsh, 2007). In such cases, dietary antioxidants like vitamin E, vitamin C, carotenoids, zinc, and selenium help reduce the impact of harmful oxidative species and assist in maintaining normal cellular function and health (Chew & Park, 2004).

3.2.4.1.1. Vitamin A

Vitamin A maintains the integrity of epithelial tissues and forms the body's first line of defense. It also enhances T cell activity and supports antibody production. Vitamin A deficiency weakens mucosal barriers, increasing the risk of infections (Pecora, Persico, Argentiero, Neglia, & Esposito, 2020) (Gombart, Pierre, & Maggini, 2020).

3.2.4.1.2. Vitamin C

Vitamin C is a potent antioxidant that prevents oxidative damage caused by free radicals. It also supports the production and function of leukocytes and enhances the skin barrier's effectiveness against pathogens (Gombart, Pierre, & Maggini, 2020) (Pecora, Persico, Argentiero, Neglia, & Esposito, 2020).

In the first weeks of life, vitamin C supplementation significantly reduces the incidence of diarrhea in calves, supporting the rearing of healthy calves (Zakariya, Ghasemi, Hashemzadeh, Ghorbani, & Ahmadi, 2024).

3.2.4.1.3. Vitamin E

Vitamin E, a fat-soluble vitamin, exists in eight different forms, each with varying degrees of biological activity (Traber & Packer, 1995). The alpha-tocopherol form of vitamin E is the most active form and is a strong biological antioxidant. Vitamin E protects cells from free radicals, which are potentially harmful byproducts of energy metabolism and immune activation. In addition to its antioxidant properties, vitamin E supports immune system protection by increasing lymphocyte proliferation, DNA repair, and other metabolic functions (Reddy, et al., 1986; Carroll & Forsberg, 2007).

3.2.4.1.4. Vitamin D

Vitamin D plays a vital role in supporting the immune system, both through innate and adaptive mechanisms. It increases the production of antimicrobial peptides, particularly cathelicidins and defensins, which directly eliminate pathogens (Gombart, Pierre, & Maggini, 2020).

3.2.4.2. Minerals

Trace minerals such as zinc (Zn) and copper (Cu) are well known to be essential for host immunity. Zinc is required for the development and activation of immune cells, particularly T cells and macrophages. Zinc deficiency weakens the immune system and increases inflammation (Pecora, Persico, Argentiero, Neglia, & Esposito, 2020; Gombart, Pierre, & Maggini, 2020).

Copper is essential for the development and function of immune cells, such as neutrophils and macrophages. It also supports the production of enzymes that neutralize reactive oxygen species generated during immune responses (Pecora, Persico, Argentiero, Neglia, & Esposito, 2020).

As a cofactor for antioxidant enzymes such as glutathione peroxidase, copper protects immune cells from oxidative stress and supports cytokine production, which regulates communication between immune cells (Gombart, Pierre, & Maggini, 2020).

3.3. Gut microbiota and immunity

Trillions of microbial organisms residing in the gut play a critical role in the development and regulation of the immune system. These microorganisms communicate with immune cells, shaping both innate and acquired immunity. They are particularly effective in maintaining gut barrier integrity and enhancing immune responses against pathogens (Latif, et al., 2023).

Probiotics, live microorganisms that balance the gut microbiota, directly affect the immune system. For instance, *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* species produce antimicrobial compounds that inhibit the growth of pathogens and strengthen the gut barrier. Prebiotics, indigestible fibers that support the growth of beneficial bacteria, enhance gut microbial diversity and improve immunity (Al-Habsi, et al., 2024). Additionally,

symbiotic formulations combining prebiotics and probiotics can more effectively support the immune system by optimizing the gut microbiota, reducing inflammation, and regulating immune responses (Al-Habsi, et al., 2024).

3.4. Phytobiotics and immunity

Plant-derived phytobiotics are bioactive compounds found in many different plants that support the immune system. These components have antioxidant, antimicrobial, and anti-inflammatory properties, protecting immune cells, reducing the damage caused by free radicals, and enhancing resistance to pathogens. Studies have highlighted the immune-boosting effects of phytobiotics, particularly phenolic compounds, flavonoids, and carotenoids (Ajanaku, et al., 2022; Bourgeois & Cook, 2024).

Phytobiotics reduce the damage caused by free radicals to cells, enabling immune cells to work more efficiently. Compounds such as flavonoids, phenolic acids, and carotenoids are commonly found in plant sources and demonstrate protective effects on the immune system (Bourgeois & Cook, 2024). Moreover, phytobiotics balance the gut microbiota by inhibiting the growth and spread of harmful microorganisms. For instance, compounds like allicin found in garlic and carvacrol in oregano are effective against various bacteria and stimulate the immune system (Özkaya, Erbaş, Özkan, Baydar, & Aksu, 2018; Özkaya, et al., 2023; Ajanaku, et al., 2022). Furthermore, phytobiotics' ability to regulate inflammation processes helps prevent excessive immune system responses, promoting a balanced immune response. The active ingredient curcumin in turmeric is a good example of this, but other phytobiotics may show similar effects (Ajanaku, et al., 2022). Bioactive compounds like gingerol found in ginger help protect immune cells by reducing oxidative stress caused by free radicals through their antioxidant and anti-

inflammatory properties (Ajanaku, et al., 2022; Bourgeois & Cook, 2024; Özkaya, et al., 2024).

Phytobiotics improve systemic immune function by supporting the development of beneficial bacteria in the gut microbiota. Plant-based compounds with prebiotic effects can strengthen the immune system's natural defense mechanisms (Özkaya, Erbaş, Özkan, Baydar, & Aksu, 2018; Özkaya, et al., 2023; Özkaya, et al., 2024; Bourgeois & Cook, 2024).

4. CONCLUSION

Nutrition directly affects the development and function of the immune system in calves. Proper feeding practices ensure optimal immune function and significantly reduce the risk of diseases. Colostrum, milk and milk replacers, starter feeds, and other nutrient supplements strengthen the immune system of calves, increasing their resistance to diseases. However, the nutritional needs of calves may vary based on factors such as age, breed, environmental conditions, and health status. Therefore, calf feeding programs should be developed in collaboration with zootechnologists and veterinarians, taking these factors into consideration. It should be noted that supporting immunity through nutrition not only positively impacts the calf's early health but also the long-term health of the herd.

REFERENCES

- Abbas, A. K., Lichtman, A. H., & Pillai, S. (2023). *Basic Immunology: Functions and Disorders of the Immune System* (7. b.). Elsevier.
- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Morgan, D., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2015). *Molecular Biology of the Cell* (6. b.). (S. Bustin, Dü.) New York: Garland Science. Kasım 21, 2024 tarihinde https://www.researchgate.net/publication/375455354_Molecular_Biology_of_the_Cell_Sixth_edition#fullTextFileContent adresinden alındı
- Al-Habsi, N., Al-Khalili, M., Haque, S. A., Elias, M., Olqi, N. A., & Uraimi, T. A. (2024). Health benefits of prebiotics, probiotics, synbiotics, and postbiotics. *Nutrients*, 16(22), s. 3955. doi:10.3390/nu16223955
- Anonim. (2020). *Early Nutrition for Calves: How it Works Best*. Kasım 18, 2024 tarihinde Biochem: <https://www.biochem.net/news/articles/early-nutrition-for-calves-how-it-works-best> adresinden alındı
- Bahroz, A., & Saleh, M. (2022). Immunity Development in Newborn Calves: a Review. *ProEnvironment*, 15(50), s. 187-196.
- Bartley, J. (2010). Vitamin D, innate immunity and upper respiratory tract infection. *The Journal of Laryngology & Otology*, 124(5), s. 465-469. doi:10.1017/S0022215109992684

- Berry, B. A., Confer, A. W., Krehbiel, C. R., Gill, D. R., Smith, R. A., & Montelongo, M. (2004). Effects of dietary energy and starch concentrations for newly received feedlot calves: II. Acute-phase protein response. 82(3), s. 845-850. doi:10.2527/2004.823845x
- Biga, L. M., Bronson, S., Dawson, S., Harwell, A., Hopkins, R., Kaufmann, J., . . . OpenStax. (2024). Barrier Defenses and the Innate Immune Response. *Anatomy & Physiology*. içinde OpenStax/Oregon State University. Kasım 20, 2024 tarihinde <https://open.oregonstate.education/aandp/?s=Barrier+Defenses+and+the+Innate+Immune+Response>. adresinden alındı
- Blum, J. W., & Hammon, H. (2000). Colostrum effects on the gastrointestinal tract, and on nutritional, endocrine and metabolic parameters in neonatal calves. *Livestock Production Science*, 66(2), s. 151-159. doi:10.1016/S0301-6226(00)00222-0
- Calder, P. C. (2013). Feeding the immune system. *Proceedings of the Nutrition Society*, 72, 299-309. doi:10.1017/S0029665113001286
- Caroll, J. A., & Forsberg, N. E. (2007). Influence of stress and nutrition on cattle immunity. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practise*, 23(1), s. 105-149. doi:10.1016/j.cvfa.2007.01.003
- Carroll, J. A., McArthur, N. H., & Welsh, T. H. (2007). In vitro and in vivo temporal aspects of ACTH secretion: Stimulatory actions of corticotropin-releasing hormone and vasopressin in cattle. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, 54(1), s. 7-14.

- Chaplin, D. D. (2010). Overview of the immune response. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 125(2 Suppl), s. S3-S23. doi:10.1016/j.jaci.2009.12.980
- Chew, B. P., & Park, J. S. (2004). Carotenoid action on the immune response. *The Journal of Nutrition*, 134(1), s. 247S-261S.
- Chew, B. P., & Park, J. S. (2004). Carotenoid action on the immune response. *The Journal of Nutrition*, 134(1), s. 257-261S. doi:10.1093/jn/134.1.257S
- Cusak, P. M., McMeniman, N. P., & Lean, I. J. (2005). The physiological and production effects of increased dietary intake of vitamins E and C in feedlot cattle challenged with bovine herpesvirus. *Journal of Animal Science*, 83(10), s. 2423-2433.
- Dardenne, M. (2002). Zinc and immune function. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56, s. S20-S23. doi:10.1038/sj.ejcn.1601479
- Dinarello, C. A. (2000). Proinflammatory cytokines. *Chest*, 118(2), s. 503-508. doi:10.1378/chest.118.2.503
- El-Masy, K. A., Emara, S. S., & Eid, S. Y. (2020). Effect of β -carotene as antioxidant on immune response and blood biochemical changes in relation to growth performance of heat-stressed calves. *Agricultural Extension Journal*, 4(4), s. 166-175.
- Fischer-Tlustos, A. J., Welboren, A. C., Hare, K. S., & Steele, M. A. (2020). *New Concepts in Calf Nutrition: The First Week of Life*. Retrieved Kasım 18, 2024, from Western Canadian Dairy Seminar: <https://wcds.ualberta.ca/wp-content/uploads/sites/57/2020/03/p149-160-Steele-WCDS2020-NewConceptsInCalfNutrition.pdf>

- Foote, M. R., Nonnecke, B. J., Waters, W. R., Palmer, M. V., Beitz, D. C., Fowler, M. A., . . . Perry, H. B. (2005). Effects of increased dietary protein and energy on composition and functional capacities of blood mononuclear cells from vaccinated, neonatal calves. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 75(5), s. 357-368. doi:10.1024/0300-9831.75.5.357
- Gabay, C., & Kushner, I. (1999). Acute-phase proteins and other systemic responses to inflammation. *New England Journal of Medicine*, 340(6), s. 448-454. doi:10.1056/NEJM199902113400607
- Gaetke, L. M., & Chow, C. K. (2003). Copper toxicity, oxidative stress, and antioxidant nutrients. *Toxicology*, 189(1-2), s. 147-163. doi:10.1016/s0300-483x(03)00159-8
- Gleeson, M., Nieman, D. C., & Pedersen, B. K. (2004). Exercise, nutrition and immune function. *Journal of Sports Sciences*, 22(1), 115-125. doi:10.1080/0264041031000140590
- Godden, S. M., Lombard, J. E., & Woolums, A. R. (2019). Colostrum Management for Dairy Calves. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 35(3), s. 535-556. doi:10.1016/j.cvfa.2019.07.005
- Godlewski, M. M., Slupecka, M., Wolinski, J., Skrzypek, T., & Skrzypek, H. (2005). Into the unknown - The death pathways in the neonatal gut epithelium. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 56(3). Aralık 02, 2024 tarihinde https://www.jpp.krakow.pl/journal/archive/06_05_s3/articles/02_article.html adresinden alındı

- Gombart, A. F., Pierre, A., & Maggini, S. (2020). A review of micronutrients and the immune system-working in harmony to reduce the risk of infection. *Nutrients*, 12(1), s. 236. doi:10.3390/nu12010236
- Hidiroglou, M., Batra, T. R., Ivan, M., & Markham, F. (1995). Effects of supplemental vitamins E and C on the immune responses of calves. *Journal of Dairy Science*, 78(7), s. 1578-1583.
- Jain, S., Gautam, V., & Naseem, S. (2011). Acute-phase proteins: As diagnostic tool. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*, 3(1), s. 118-127. doi:10.4103/0975-7406.76489
- Janeway, C. A., Travers, P., Walport, M., & Shlomchik, M. J. (2001). *Immunobiology: The Immune System in Health and Disease* (5. b.). New York: Garland Science. Kasım 21, 2024 tarihinde <https://livresbioapp.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/07/janeway-c-travers-p-walport-m-shlomchik-m-immunobiology-2001.pdf> adresinden alındı
- Kim, W. S., Nejad, J. G., Peng, D. Q., Jo, Y. H., Kim, J., & Lee, H. G. (2022). Effects of diferent protein levels on growth performance and stress parameters in beef calves nder heat stress. *Scientific Reports*, 12, s. 8113. doi:10.1038/s41598-022-09982-4
- Latif, A., Shehzad, A., Niazi, S., Zahid, A., Ashraf, W., Iqbal, M. W., . . . Korma, S. A. (2023). Probiotics: mechanism of action, health benefits and their application in food industries. *Frontiers in Microbiology*, 14, s. 1216674. doi:10.3389/fmicb.2023.1216674

- Li, P., & Wu, G. (2021). Important roles of amino acids in immune responses. *British Journal of Nutrition*, 127(3), s. 398-402. doi:10.1017/S0007114521004566
- Li, P., Yin, y.-L., Li, D., Kim, S. W., & Wu, G. (2007). Amino acids and immune function. *British Journal of Nutrition*, 98(2), 237-252. doi: 10.1017/S000711450769936X
- Malmuthuge, N., Griebel, P. J., & Guan, l. L. (2015). The gut microbiome and its potential role in the development and function of newborn calf gastrointestinal tract. *Frontiers in Veterinary Science*, 2(36). doi:10.3389/fvets.2015.00036
- Mayer, G. (2017). *Immunoglobulins-Structure and function*. Kasım 22, 2024 tarihinde <https://www.microbiologybook.org/mayer/IgStruct2000.htm> adresinden alındı
- Murphy, K., Weaver, C., Mowat, A., Berg, L., Chaplin, D., Jr, C. A., . . . Walport, M. (2017). *Janeway's immunobiology* (9. b.). New York: Garland Science/Taylor & Francis . Kasım 22, 2024 tarihinde https://immunologos.wordpress.com/wp-content/uploads/2020/08/janeways-immunobiology-9th-ed_booksmedicos.org_.pdf adresinden alındı
- Naeem, M., Sheikh, I. S., Rafiq, M., Jameel, M., Shah, S. D., Khan, D., . . . Saba, I. (2023). Effects of antioxidants on growth and total antioxidant capacity of neonatal calves. *Pak-Euro Journal of Medical and Life Sciences*, 6(1), s. 19-24. doi:10.31580/pjmls.v5i3.2563
- Orange, J. S. (2013). Natural killer cell deficiency. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 132(3), s. 515-525. doi:10.1016/j.jaci.2013.07.020

- Otomaru, K., Oishi, S., Fujimura, Y., Iwamoto, Y., Nagai, K., & Ijiri, M. (2021). Effects of vitamin C supplementation on the blood oxidative stress and antibody titre against vaccination in calves. *Journal of Veterinary Research*, 65(1), s. 73-78.
- Overbeck, S., Rink, L., & Haase, H. (2008). Modulating the immune response by oral zinc supplementation: a single approach for multiple diseases. *Archivum Immunologiae et Therapiae Experimentalis*, 56, s. 15-30. doi:10.1007/s00005-008-0003-8
- Parham, P. (2021). *The Immune System* (5. b.). W. W. Norton & Company; Fifth edition .
- Pecora, F., Persico, F., Argentiero, A., Neglia, C., & Esposito, S. (2020). The role of micronutrients in support of the immune response against viral infections. *Nutrients*, 12(10), s. 3198. doi:10.3390/nu12103198
- Playford, R. J., Macdonald, C. E., & Johnson, W. S. (2000). Colostrum and milk-derived peptide growth factors for the treatment of gastrointestinal disorders. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72(1), s. 5-14. doi:10.1093/ajcn/72.1.5
- Plotkin, S. A. (2008). Vaccines: correlates of vaccine-induced immunity. *Clinical Infectious Diseases*, 47(3), s. 401-409. doi:10.1086/589862
- Quigley, J. D., Lago, A., Chapman, C., Erickson, P., & Polo, J. (2013). Evaluation of the Brix refractometer to estimate immunoglobulin G concentration in bovine colostrum. *Journal of Dairy Science*, 96(2), s. 1148-1155. doi:10.3168/jds.2012-5823

- Reddy, P. G., Morrill, J. L., Minocha, H. C., Morrill, M. B., Dayton, A. D., & Frey, R. A. (1986). Effect of supplemental vitamin E on the immune system of calves. *Journal of Dairy Science*, 69(1), s. 164-171.
- Saker, K. E. (2006). Nutrition and immune function. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 36(6), s. 1199-1224. doi:10.1016/j.cvsm.2006.09.001
- Semba, R. D. (1999). Vitamin A and immunity to viral, bacterial and protozoan infections. *Proceedings of the Nutrition Society*, 58(3), s. 719-727. doi:10.1017/s0029665199000944
- Soberon, F., & Amburgh, M. E. (2013). Lactation Biology Symposium: The effect of nutrient intake from milk or milk replacer of preweaned dairy calves on lactation milk yield as adults: a meta-analysis of current data. *Journal of Animal Science*, 91(2). doi:10.2527/jas.2012-5834
- Solanki, S., & Devi, D. (2020a). Antibiotic Resistance: Practices and Management. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(9). doi:10.20546/ijcmas.2020.909.xx
- Solanki, S., & Devi, D. (2020b). Relation between nutrition and immunity. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 8(4), s. 2337-2342.
- Suttle, N. (2022). *Mineral Nutrition of Livestock* (5. b.). Oxfordshire, UK: CAB International. Aralık 02, 2024 tarihinde <https://www.cabidigitallibrary.org/cms/asset/2254e0b4-fec3-4707-b981-cd53051f9c5d/9781789240924.0000.preview.pdf> adresinden alındı

- şentürk, S. (2022). *Sığırlar için Pratik Klinik Laboratuvar Kitabı* (3. b.). Bursa: Kutlu Avcı Ofset Fosm Baskı Rek. San. Tic. Ltd. şti.
- Teixeira, A. G., Lima, F. S., Bicalho, M. L., Kussler, A., Lima, S. F., Felipe, M. J., & Bicalho, R. C. (2014). Effect of an injectable trace mineral supplement containing selenium, copper, zinc, and manganese on immunity, health, and growth of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 97(7), s. 4216-4226. doi:10.3168/jds.2013-7625
- Tizard, I. R. (2023). *Innate Immunity in Animals*. Kasım 20, 2024 tarihinde Merck Manual: <https://www.merckvetmanual.com/immune-system/the-biology-of-the-immune-system/innate-immunity-in-animals?query=Innate%20Immunity%20in%20Animals> adresinden alındı
- Tomasi, T., Volpato, A., Pereira, W. A., Debastiani, L. H., Bottari, N. B., Morsch, V. M., . . . Silva, A. S. (2018). Metaphylactic effect of minerals on the immune response, biochemical variables and antioxidant status of newborn calves. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102(4), s. 819-824. doi:10.1111/jpn.12890
- Tourkochristou, E., Triantos, C., & Mouzaki, A. (2021). The Influence of Nutritional Factors on Immunological Outcomes. *Frontiers in Immunology*, 12, s. 665968. doi:10.3389/fimmu.2021.665968
- Traber, M. G., & Packer, L. (1995). Vitamin E: beyond antioxidant function. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 62(6), s. 1501S-1509S.

- Trinchieri, G. (2000). Interleukin-12 and the regulation of innate resistance and adaptive immunity. *Nature Reviews Immunology*, 3(2), s. 133-146. doi:10.1038/nri1001
- Vivier, E., Raulet, D. H., Moretta, A., Caligiuri, M. A., Zitvogel, L., Lanier, L. L., . . . Ugolini, S. (2011). Innate or adaptive immunity? The example of natural killer cells. *Science*, 331(6013), s. 44-49. doi:10.1126/science.1198687
- Vlasova, A. N., & Saif, L. J. (2021). Bovine Immunology: Implications for Dairy Cattle. *Frontiers in Immunology*, 12(643206). doi:10.3389/fimmu.2021.643206
- Wakim, S., & Grewal, M. (2020). *Human Biology: Adaptive Immune System*. Sacramento: LibreTexts. Kasım 22, 2024 tarihinde [https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Human_Biology/Human_Biology_\(Wakim_and_Grewal\)/20%3A_Immune_System/20.5%3A_Adaptive_Immune_System#:~:text=The%20adaptive%20immune%20system%20\(also,immune%20system%20recognizes%20as%20foreign.adresinden alındı](https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Human_Biology/Human_Biology_(Wakim_and_Grewal)/20%3A_Immune_System/20.5%3A_Adaptive_Immune_System#:~:text=The%20adaptive%20immune%20system%20(also,immune%20system%20recognizes%20as%20foreign.adresinden alındı)
- Wang, S., Hu, F., Diao, Q., Li, S., Tu, Y., & Bi, Y. (2022). Comparison of growth performance, immunity, antioxidant capacity, and liver transcriptome of calves between whole milk and plant protein-based milk replacer under the same energy and protein levels. *Antioxidants*, 11(2), s. 270. doi:10.3390/antiox11020270
- White, J. H. (2022). Emerging Roles of Vitamin D-Induced Antimicrobial Peptides in Antiviral Innate Immunity. *Nutrients*, 14(2), s. 284. doi:10.3390/nu14020284

- Wu, D., Lewis, E. D., Pae, M., & Meydani, S. N. (2019). Nutritional Modulation of Immune Function: Analysis of Evidence, Mechanisms, and Clinical Relevance. *Frontiers in Immunology*, 15(9), s. 3160. doi:10.3389/fimmu.2018.03160
- Zakariya, M. R., Ghasemi, E., Hashemzadeh, F., Ghorbani, G. R., & Ahmadi, F. (2024). Does vitamin C supplementation in milk improve growth and health of diarrheic calves? *Preventive Veterinary Medicine*, 224, s. 106122. doi:10.1016/j.prevetmed.2024.106122

ZOOTEKNİDE İLERİ ARAŞTIRMALAR

yaz
yayınları

YAZ Yayınları

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3

İscehisar / AFYONKARAHİSAR

Tel : (0 531) 880 92 99

yazyayinlari@gmail.com • www.yazyayinlari.com