

**Derleme**  
(Review)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2022, 59 (4):733-744  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1096687>

Figen KIRKPINAR<sup>1\*</sup> 

Helin ATAN<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, 35030, Bornova, İzmir, Türkiye

\* Sorumlu yazar (Corresponding author):  
[figen.kirkpinar@ege.edu.tr](mailto:figen.kirkpinar@ege.edu.tr)

**Anahtar sözcükler:** Çevresel etkiler, sindirim sistemi, kümes hayvanları, yem bileşenleri

**Keywords:** Environmental impacts, digestive system, poultry, feed ingredients

## Kanatlı hayvanların beslenmesinde sürdürülebilirlik stratejileri

### Sustainability strategies in poultry nutrition

Received (Alınış): 31.03.2022

Accepted (Kabul Tarihi): 13.06.2022

#### ÖZ

Hayvansal üretimde sürdürülebilirlik; gelecek nesillerin gıda ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeden toplumun mevcut gıda ihtiyaçlarının karşılanması şeklinde tanımlanır. Kanatlı üretimi, hayvansal üretimin diğer alanlarına kıyasla daha çevre dostu olmasına rağmen sera gazları, ötrofikasyon ve asidifikasyon gibi çevresel etkileri göz ardı edilmemelidir. Kanatlı üretim zincirinde, yem üretimi ve nakliye küresel ısınma potansiyalinin %70'ini oluştururken, gübre yönetimi ise ötrofikasyon ve asidifikasyon potansiyalinin %40-60'ını oluşturmaktadır. Sürdürülebilir kanatlı üretiminde, yem üretimi ile besin madde atılımının etkisini azaltmak amacıyla bazı besleme stratejileri geliştirilmektedir. Yem üretimi etkisinin azaltılması amacıyla karma yemlerin "Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi" kullanılarak oluşturulması, alternatif protein kaynaklarının kullanılması ve hidroponik tarım modellerinin uygulanması çevre dostu ve sürdürülebilir üretim yapmaya olanak sağlamaktadır. Gübre yönetiminin çevresel etkisi ise karma yemlerin ham protein düzeyi azaltılarak, ham selüloz ilavesi, sindirim sisteminin düzenlenmesi ve besin madde sindirilebilirliği artırılarak iyileştirilebilir. Bu derlemede, kanatlı beslemede sürdürülebilirlik stratejileri; yem üretiminin etkileri, besin madde atılımının azaltılması ve iyileştirilmiş sindirim sistemi ile ilişkisi irdelenecektir.

#### ABSTRACT

Sustainability in animal production is defined as meeting society's current food needs without compromising the ability of future generations to meet their food needs. Poultry production is more environmentally friendly in comparison with other fields in animal production, however; its impacts on the environment such as greenhouse gases, eutrophication, and acidification should not be overlooked. In poultry production chain, feed production and transportation constitute 70% of global warming potential, whereas manure management constitutes 40-60% of eutrophication and acidification potential. Some feeding strategies are developed in sustainable poultry production to reduce the effects of feed production and nutrient excretion. Making compound feed by means of "Life Cycle Assessment" using alternative protein sources and using hydroponic farming models to reduce the impact of feed production enable environmentally friendly and sustainable production. The environmental impact of manure management can be improved by reducing the crude protein level of diets, adding crude fiber, regulating the digestive system and increasing nutrient digestibility. In this review, sustainability strategies in poultry nutrition; the relationship with effects of feed production, reduction of nutrient excretion and improved system will be discussed.

## GİRİŞ

Birleşmiş Milletlerin "Dünya Nüfus Beklentileri 2019" (World Population Prospects, 2019) raporuna göre, 30 yıl içerisinde dünya nüfusunun yaklaşık 2 milyar artacağı ve hızlı nüfus artışının küreselleşme, kentleşme ve ekonomik baskılar nedeniyle tüm dünyada gıda üretiminde ve tüketiminde değişikliklere yol açacağı tahmin edilmektedir (UN, 2019). Ayrıca tüketicilerin güvenli ve sürdürülebilir gıda taleplerini karşılamak için su, enerji, toprak ve besin kaynaklarını daha verimli kullanan bitkisel ve hayvansal üretime olan ihtiyacın artacağı öngörülmektedir. Hayvansal üretim; günlük düzeyde kalori (~%17'si) ve protein (~%33'ünü) tüketimimizin önemli bir kısmını oluşturması, artık ve yan ürünleri süt, yumurta ve et gibi yüksek kaliteli hayvansal protein kaynaklarına dönüştürmesi, bitkisel üretim için uygun olmayan alanların değerlendirilmesi ve geleneksel rolü nedeniyle önemlidir (Thornton, 2010; Lusk, 2013). Ancak yoğun hayvansal üretimin bir taraftan milyarlarca insanın gıda ihtiyacını karşılarken diğer taraftan arazi yapısının bozulması, su kirliliğine neden olması ve karbon emisyonunu artırması gibi olumsuz çevresel etkilere yol açtığı bilinmektedir. Ayrıca çevre ayak izlerinin artması yanı sıra biyolojik çeşitlilik kaybı da yoğun hayvansal üretimin neden olduğu önemli olumsuz etkenlerdendir (Sans & Combris, 2015; Frenette et al., 2017). Bu durumda güvenli, kaliteli ve çevreye daha az zarar veren üretimin esas alınması benimsenmektedir. Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (UNESCO) tarafından desteklenen "Sürdürülebilir Kalkınma 2030" projesi ile üretimde sürdürülebilirliğin esas alınması gerektiğinin vurgulanması (UNESCO, 2017), Avrupa yasal çerçevelerinin gıda güvenliği ve hayvan refahı ile ilgili giderek artan yaptırımlarda bulunması sonucunda hayvansal üretimde sürdürülebilirliğe olan ilgi her geçen gün artmaktadır.

İlk olarak King tarafından 1911 yılında tarımda "sürdürülebilirlik" kavramı "kalıcı tarım" şeklinde tanımlanmıştır. Daha sonra ekonomist Gordon Douglass "sürdürülebilirlik" tanımını; çevre, ekonomi ve sosyal kavramları esas alarak gelecek nesillere aktarma fırsatı sağlayan üretim şekli olarak açıklamıştır. İlerleyen zamanlarda Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (WCED, 1987) sürdürülebilirliği, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılayabileceği, doğaya en az zarar veren ve ekonomiyi esas alan üretim şekli olarak tanımlamıştır (Munasinghe & Shearer, 1995). Günümüzde ise sürdürülebilirlik kavramı 1977 yılında yayımlanan Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Ulusal Tarımsal Araştırma, Yayın ve Öğretim Politikası Yasası esas alınarak sürdürülebilir ekonomi, çevre ve sosyal etkinliğin temel alındığı, gelecek nesillere aktarma imkânı sağlayan üretim şekli olarak açıklanmaktadır. Yoğun hayvansal üretime sahip ve özellikle hayvan besleme yönünden dış kaynaklara bağımlı olan işletmelerde sosyal, çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliğin garanti altına alınması gerekmektedir (FAO, 2014; FEFAC, 2016). Hayvansal üretimde birincil etken olarak çiftliklerde enerji kullanımı ve hayvan barınaklarından salınan sera gazları çevre kirleticiler olarak görülse de özellikle kanatlı üretim işletmelerinde yem üretimi, hammadde bağımlılığı ve gübre yönetimi gibi ikincil etkenler de önemlidir ve sürdürülebilirliği kısıtlamaktadır (Leinonen & Kyriazakis, 2016). Tarımda çevre dostu hayvansal üretimin yetiştirme, refah ve sağlık gibi birçok kriteri olsa da işletme maliyetinin %60-80'ini oluşturan, üretim performansını, hayvan sağlığını, hayvansal ürünü ve çevre ayak izini doğrudan etkileyen hayvan besleme en önemlisi olarak kabul edilmektedir (Herrero et al., 2010).

Ruminantlar, hayvansal protein ihtiyacımızın %51'ini (%67'si süt, %33'ü et) karşılamaktadır (FAO, 2018). Ruminant hayvanların genellikle geniş otlak alanlara ihtiyaç duymaları, arazi kullanımında değişiklikler ve enterik fermantasyon sonucu küresel sera gazı emisyonları artmaktadır. Ruminantların, dünyada insan kaynaklı oluşan sera gazlarının %9'undan sorumlu olduğu belirtilmektedir (Gerber et al., 2013; EPA, 2017). Sera gazı emisyon üretimini azaltmak amacıyla teknolojik işlemler, yetiştirme ve besleme stratejilerinin geliştirilmesi önerilmektedir. Bu amaçla yüksek kaliteli kaba yemlerin kullanılması, katkı maddeleri (probiyotik, prebiyotik, organik asitler ve sekonder metabolitler) ve yağ ilavesi gibi besleme stratejileri uygulanmaktadır (Niderkorn & Jayanegara, 2021).

Son 30 yılda artış eğilimi gösteren kanatlı işletmeleri kısa üretim döngüsü ve hızlı sermaye getirisi ile küresel endüstriler arasında önemli bir yere sahiptir. Kanatlı sektöründe hammadde işleme, yem üretimi ve gübre yönetimi gibi üretimin her aşamasının çevresel etkilere neden olduğu bilinmektedir

(Lassaletta et al., 2019; MITECO, 2019). Özellikle soya gibi ithal edilen protein kaynaklarına bağımlılık sürdürülebilirliği olumsuz etkilemektedir (Leinonen & Kyriazakis, 2016). Uygun besleme stratejileri, genetik ve ıslah çalışmaları ile bu olumsuz etkiler azaltılarak doğa dostu bir üretim hedeflenmektedir. Yoğun kanatlı üretiminde doğayı en çok etkileyen kaynakların yem üretimi ve gübre yönetimi olduğu, bunun da besleme ile ilişkili olduğu bilinmektedir (Tallentire et al., 2017; Lassaletta et al., 2019; MITECO, 2019). Bu kaynakları azaltmaya yönelik stratejilerin doğru şekilde planlanması ve geliştirilmesi gerekmektedir. Kanatlı üretiminde sürdürülebilirliğe yönelik besleme stratejileri olarak; yem üretiminin etkileri, besin madde atılımı ve sindirim sistemi esas alınmaktadır.

Son yıllarda sürdürülebilir hayvansal üretim için çevre ayak izini azaltacak besleme stratejileri geliştirilmiştir. Bunlardan biri, karma yem hazırlarken yem üretim etkisini azaltmak amacıyla "Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi" (**LCA; Life Cycle Assessment**), kavramının benimsenmesidir. Bu yöntemin amacı, sadece besin madde ihtiyaçlarını karşılamak ve ekonomik bir karma yem oluşturmak değil ayrıca çevre ayak izini dikkate almaktır (Mackenzie et al., 2016; Garcia-Launay et al., 2018).

Diğer bir besleme stratejisi ise alternatif yem kaynaklarının değerlendirilmesidir. Özellikle hayvansal protein kaynaklarının ve soyanın yerine ikame edilebilecek alternatif yem hammaddelerinin kullanımlarının artırılmasıdır. Topraksız tarım modellerinden biri olan hidroponik sistemin de yem üretiminin çevresel etkisini azaltabileceği bilinmektedir.

Besin madde atılımını azaltmak amacıyla, ham protein düzeyinin azaltılması, ham selüloz ilavesi, hammadde ve yem katkı maddelerinde biyoteknolojik uygulamalar ile besin madde sindirilebilirliğini artırıcı besleme stratejileri uygulanmaktadır (Rojas & Stein, 2017; Pomar & Remus, 2019). Son yıllarda kanatlı hayvanlarda sindirim sistemi sağlığı ile üretim performansı ve çevresel etki arasında pozitif bir ilişki olduğu vurgulanmıştır. Bunun sonucu olarak gelecekte sürdürülebilir karma yem hazırlanmasında hayvan sağlığının ana kriterlerden biri olacağı öngörülmektedir (Celi et al., 2017; Liu et al., 2019).

Sürdürülebilir hayvansal üretimi esas alan Avrupa Komisyonu 2017/302 yasal yürütme kararı ile yoğun domuz ve kanatlı hayvan yetiştiriciliğinde uygulanacak besleme stratejileri ile çevresel kirliliğin azaltılmasını hedeflemiştir. Avrupa Parlamentosu ve Konseyi Direktifi 2010/75 / EU (DOUE, 2017) çerçevesinde (BAT) alınan kararlar doğrultusunda kısıtlı protein ve verimliliği artırmak amacı ile katkı maddelerinin kullanımı gibi bazı stratejilerin benimsenmesini zorunlu kılmıştır.

Bu derlemede, kanatlı üretiminin çevresel etkileri, beslemede sürdürülebilirlik stratejileri; yem hammaddelerinin çevresel etkisinin azaltılması, iyileştirilmiş sindirim sistemi ve besin madde atılımının azaltılması ile ilişkisine yönelik bilgilere ve önerilere yer verilmiştir.

### **Kanatlı üretiminin çevresel etkileri**

Küresel kanatlı sektörü her yıl yaklaşık 606 milyon ton karbondioksit (CO<sub>2</sub>-eq) sera gazı emisyonu oluşturmaktadır. Bu sera gaz emisyonlarının başlıcaları Çizelge 1'de verilmiştir. Kanatlı üretiminde sera gazı emisyonunun birincil kaynağı yem üretim aşaması (% 57; gübreleme, makine kullanımı ve nakliye), ikincil kaynağı ise arazi kullanım etkinliği aşaması (etlik piliçlerde % 21.1 yumurtacılar da % 12.7) kabul edilmektedir (Gerber et al., 2013; Malomo et al., 2018). Ayrıca kanatlı üretim zincirinde, enerji tüketiminden kaynaklanan emisyonlar (doğrudan enerji, yemden kaynaklanan CO<sub>2</sub> ve çiftlik sonrası oluşan CO<sub>2</sub>) % 35- 40'ını oluşturmasına rağmen gübre yönetim aşamasının (etlik piliçlerde % 6 ve yumurtacılar da % 20) katkısı da göz ardı edilmemektedir (Çizelge 2). Çevresel etkilerin iyileştirilmesi amacıyla enerji tasarrufu, yenilenebilir enerji, karma yemde kullanılan soya fasülyesi küspesi düzeyinin azaltılması gibi stratejiler geliştirilmiştir. Bu çevresel etkileri belirlemek amacıyla bazı tanımlar kullanılmaktadır. Küresel ısınma potansiyeli; herhangi bir sera gazı emisyonunun, CO<sub>2</sub> baz alınarak 100 yıllık bir süre zarfındaki etkisini ifade etmektedir. Ötrofikasyon potansiyeli; besin maddelerinin sızıntı, akış veya atmosferik birikim sonucu su kaynaklarına ulaşması ile su ekosisteminin bozulmasıdır. Aşırı besin madde birikimi ile sucul bitkiler çoğalmaktadır. Kanatlılarda ise suya sızan besin maddeleri nitrat, fosfat ve

atmosfere yayılan amonyak ( $\text{NH}_3$ ) emisyonlarıdır (He et al., 2022). Asidifikasyon potansiyeli ise toprak pH'ındaki potansiyel azalmanın bir göstergesidir. Kanatlı üretiminde ana kaynak, fosil yakıttan oluşan kükürt dioksit ve  $\text{NH}_3$  emisyonlarıdır (Leinonen & Kyriazakis, 2016).

**Çizelge 1.** Kanatlı üretiminde oluşan bazı önemli sera gaz emisyonları

**Table 1.** Some important gaseous emissions in chicken supply chain

Emisyonlar	Açıklama
<b>Metan (<math>\text{CH}_4</math>)</b>	Yanıcı bir sera gazı olup karbondioksit ( $\text{CO}_2$ )'den 28 kat daha güçlüdür.
<b>Nitröz oksit (<math>\text{N}_2\text{O}</math>)</b>	$\text{CO}_2$ 'den 265 kat daha güçlüdür ve $\text{NH}_4$ 'ün $\text{NO}_3$ 'e nitrifikasyonu sırasında oluşan bir ara üründür. $\text{NO}_3$ 'ün denitrifikasyonu sırasında oksijeni düşük topraklarda uygulanan gübrede (örn. su dolu alanlar) bulunur.
<b>Amonyak (<math>\text{NH}_3</math>)</b>	Asitleştirici bir gaz olup protein sindirimi sonucu dışkı ve idrar ile atılmaktadır.
<b>Nitrat (<math>\text{NO}_3</math>)</b>	Gübre uygulamasından sonra (depolama, taşıma, gübreleme) $\text{NH}_4$ / $\text{NH}_3$ 'ün nitrifikasyonu ile toprakta oluşur. Sızmaya eğilimli suda çözünür bir iyonudur. İçme suyunda yüksek miktarda konsantrasyon, insan ve hayvanlarda kanda oksijen eksikliğine neden olan azot dioksit zehirlenmesine yol açabilmektedir.
<b>Fosfat (<math>\text{P}_2\text{O}_5</math>)</b>	Gübrenin yüzeysel akışından ve/veya suda çözünür formun sızmasından kaynaklanır. Açık suların ötrofikasyonuna neden olur (alglerin yoğun büyümesi ve ardından oksijen eksikliğinden balıkların ölümü).

Teenstra et al., 2015.

**Çizelge 2.** Sera gazı emisyonlarının tavuk eti ve yumurta üretim zincirinden kaynaklanan miktarları (%)

**Table 2.** Global emissions from chicken meat and egg supply chain by category of emissions (%)

Emisyonlar	Et	Yumurta	Kaynaklar
<b><math>\text{CO}_2</math></b>	59.4	48.9	Yemler, soya fasülyesi, enerji kullanımı, nakliye
<b><math>\text{CH}_4</math></b>	1.6	9.0	Gübre yönetimi
<b><math>\text{N}_2\text{O}</math></b>	36.5	41.0	Gübre yönetiminden kaynaklanan doğrudan veya direkt etkiler
<b>Diğerleri</b>	1.4	1.1	Yemler ve dolaylı enerji $\text{CO}_2$ (enerji tüketimi, yemden kaynaklanan ve çiftlik sonrası oluşan $\text{CO}_2$ )

Gerber et. al. 2013.

## Kanatlı beslemede sürdürülebilirlik stratejilerinin uygulanması

### Yem üretiminin çevresel etkisinin azaltılması

Dünya'da ekilebilir arazinin %33'ü yem hammadde üretimi amacıyla kullanılmaktadır (Lassaletta et al., 2019). Bu nedenle karma yemlerin "Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi" kullanılarak hazırlanması, alternatif protein kaynaklarının kullanılması ve hidroponik üretim gibi stratejiler ile yem ve hammadde üretiminin çevresel etkisinin azaltılabileceği bildirilmiştir (Tallentire et al., 2017; Lassaletta et al., 2019).

Kanatlı beslemede kullanılan karma yemler hayvanların besin madde ihtiyacı ve ekonomik parametreler göz önünde bulundurularak hazırlanmaktadır. Ancak sürdürülebilirlik kavramı ile çevre ayak izi ve salınan sera gazı emisyonlarının da dikkate alınması gerekmektedir. Günümüzde bu emisyonların olası çevresel etkilerinin belirlenmesi ve hesaplanması için yeni bir çevresel etki değerlendirme yöntemi olan "Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi" kullanılmaktadır. Bu prensip; yemlerin besin madde içerikleri, ekonomik kriterler, sera gazı emisyonu, ötrofikasyon ve asidifikasyon potansiyelleri, arazi, enerji ve su ihtiyacı ile nakliye gibi pek çok etkeni göz önünde bulundurmaktadır. Bu yaklaşım kanatlı üretiminde yapısal model olarak belirli bir fonksiyonel birimi (örneğin, piliçlerin veya hindilerin 1000 kg yenilebilir karkas ağırlığı veya 1000 adet yumurta) üretmek için gereken tüm girdileri ve etkileri hesaplayabilmektedir. "Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi" ile yemlerde kullanılan çeşitli hammaddelerin çevresel etkileri hakkında bilgi sağlayan bilimsel çalışmalar yapılmıştır (Mackenzie et al., 2016; Garcia-Launay et al., 2018; Ziegler et al., 2021; Çizelge 3). Ancak "Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi" metodunun standartlaşması ve hesaplamasının güvenilirliğinin artması için her ülkenin kendi koşullarına göre uyarlanması gerekmektedir. Bu hesaplama yönteminin geliştirilmesi ile çevre dostu ve refah düzeyi iyileştirilmiş bir üretim yapılabileceği düşünülmektedir.

**Çizelge 3.** Farklı hammaddeler için Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (ton)**Table 3.** Life Cycle Assessment for different raw materials (tonnes)

Yemler	Sera gazı emisyonu (kg CO <sub>2</sub> -eq)	Enerji ihtiyacı (Gigajoule GJ)	Asidifikasyon (kg SO <sub>2</sub> -eq)	Ötrofikasyon (kg PO <sub>4</sub> -eq)
Tahıllar	207-493	5-24	628-1818	14-42
Tahıl yan ürünleri	533-583	22-25	709-954	45-46
Yağlı tohum ve protein kaynakları	438-484	6-26	1177-3103	24-27
Yemeklik yağ	769-832	8-21	1058-2283	8-24
Bitkisel yağ	1727-2334	20-52	2343-4972	56-78
Hayvansal yan ürünler	557-641	13-13	800-1331	46-63
Böcekler	1317-2205	52-60	13-17	7-10
Algler	683-1810	-	-	-
Mineraller	900-967	14-15	175-205	23-41
Sentetik aminoasitler	6101-11021	144-284	1758-2510	210-311

Méda et al., 2019.

FAO (2014) ve Uluslararası Yem Endüstrisi Federasyonu (IFIF, 2019) raporuna göre, 2050 yılına kadar hayvansal protein ihtiyacının 2 kat ve beyaz et tüketiminin %173 kat artacağı öngörülmektedir. Nüfusun ve yoğun üretimin artması ile gıda rekabeti tahıl fiyatlarının yükselmesine neden olacaktır. Bu durumun üretim maliyetini ve beyaz et tüketimini olumsuz etkileyeceği beklenmektedir (FAO, 2014; Cerisuelo & Calvet, 2020). Sürdürülebilir üretimi hedefleyen işletmelerde, hayvanların protein ihtiyacını dengeli ve çevre dostu yöntemler kullanarak karşılamak başarının kilit unsuru olarak kabul edilmektedir. Kanatlı hayvanlarda bu amaçla kullanılan en önemli protein kaynağı tam yağlı soya fasülyesi ve soya fasülyesi küspesidir. Bu hayvanlarda enterik fermantasyonun oluşmaması ve daha iyi yemden yararlanma oranına (YYO) sahip olmaları nedeniyle en iyi çevre dostu hayvansal üretim dalı olarak kabul edilmesine rağmen (Gerber et al., 2013) karma yemlerde soyanın yoğun olarak kullanılması bu durumu olumsuz etkilemektedir. Soya üretiminin yaygın olarak yapıldığı ABD, Arjantin ve Amazon Havzası'nda ormanlık alanların tarım arazisine dönüştürülmesi, toprak erozyonu, ötrofikasyon, yaygın pestisit kullanımı, biyolojik çeşitlilik kaybı ve yüksek sera gazı üretimi gibi etkileri sürdürülebilirliği kısıtlamaktadır. Bunun sonucu olarak günümüzde alternatif protein kaynaklarına olan ilginin arttığı bildirilmiştir (Veldkamp & Bosch, 2015; Lassaletta et al., 2019). Özellikle yoğun üretim sistemlerinde soya yerine alternatif protein kaynağı olarak yerel, yan sanayi ürünleri, algler (Ibekwe et al., 2017; Ansari et al., 2020), böcekler ve solucanlar (Khan et al., 2016) gibi omurgasızların karma yemlere ilavesi ile sürdürülebilir ve çevre dostu bir hayvansal üretimin yapılabileceği bildirilmiştir (Tallentire et al., 2017; Lassaletta et al., 2019).

Hayvansal üretimde gıda ve yem rekabetinin azaltılması, yem üretiminin çevresel etkisinin azaltılması amacıyla hidroponik tarım modeli gündeme gelmiştir. Hidroponik tarım modeli, kısa sürede (yaklaşık 7 gün), topraksız, su ve besin solüsyonu ile bitki yetiştirilmesidir (Naik et al., 2015). Ayrıca pestisit kullanılmaması, ekonomik olması ile toprak, su ve arazi kullanımını optimize ederek sürdürülebilir bir üretim yapmaya olanak sağlamaktadır (Borrero, 2021). Kanatlılarda karma yemlere kaba yem ilavesiyle hayvan refahının iyileştiği, kanibalizmin azaldığı, et ve yumurta kalitesinin arttığı bilinmektedir (Mohammed et al., 2013). Abouelezz et al. (2019) yumurtacı bıldırcınlarda hidroponik olarak üretilen arpa filizi ilavesinin kuluçka randımanı ve taşlık nispi ağırlığını artırdığını belirtmiştir. Ancak yumurta kalite indekslerini ve kan parametrelerini etkilemediğini ifade etmiştir.

### İyileştirilmiş sindirim sistemi ve besin atılımının azaltılması

Kanatlı sektörü, yemden yararlanma oranı ve üretim performansını en iyi şekilde değerlendirmeyi hedeflemektedir. Bu amaçla sağlıklı sindirim sistemine sahip hayvanlardan uygun besleme ile maksimum verim sağlanabilmektedir (Celi et al., 2017). Ancak kanatlıların sindirim sisteminin bütünlüğü ve işlevselliği üzerine hayvan sağlığı, çevre, yem ve sindirim sistemi mikrobiyotası gibi bazı faktörler etki göstermektedir. Bu durumda bağırsak mikroflorasını düzenleyen, çevre, konakçı ve mikrobiyota arasında

bir denge sağlayan yem bileşenleri tercih edilmelidir. Hayvanların sindirim sistemi sağlığının korunmasına ve/veya iyileştirilmesine katkıda bulunan bazı besleme stratejileri ise yemlere ham selüloz ilavesi, bazı katkı maddeleri ve biyoaktif bileşiklerin kullanılmasıdır.

Paris Directiva Tehos Anlaşmasına göre çiftlik hayvan gübresi  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$  ve  $\text{N}_2\text{O}$  gibi sera gaz emisyonu kaynağı olarak kabul edilmektedir (MITECCO, 2019; Işık & Kırkpınar, 2020). Amonyak, özellikle yoğun kanatlı işletmelerinden salınan en önemli hava kirletici sera gazıdır (NRC, 2003). Kanatlı hayvanlarda sindirilememiş besin maddelerinden kaynaklanan  $\text{NH}_3$  emisyonunun toprak, su, atmosfer ve sağlık üzerine olumsuz etkilerinin olduğu ve Dünya'da 2017 yılında atmosfere yayılan  $\text{NH}_3$  emisyonlarının %8'inin kanatlı üretiminden kaynaklandığı bildirilmiştir. Literatürde, gübreden kaynaklanan sera gazı emisyonunun doğrudan besleme (yem bileşimi, sindirim sistemi, sindirilebilirlik ve bağırsak fermantasyonu) ile ilişkili olduğu ifade edilmiştir (Xu, 2014, EPA, 2017; Ferrer et al., 2019; Selle et al., 2020; Huntanen & Huuskonen, 2020). Bu nedenle, ham protein düzeyinin azaltılması, ham selüloz ilavesi ve besin madde sindirilebilirliğinin artırılması amacıyla bazı yem katkı maddelerinin kullanılması gibi besleme stratejileri geliştirilmiştir.

#### **Karma yemlerin ham protein düzeyinin düşürülmesi**

Günümüz tavukçuluğunun en büyük sorunlarından biri de kümes içinde oluşan  $\text{NH}_3$  gazıdır. Bu gaz çevre kirliliğinin yanısıra tavuklarda asites, mide ve bağırsak hastalıkları, solunum rahatsızlığı, kontak dermatit ve ayak yanmaları gibi birçok sağlık problemine yol açmaktadır. Gübreden yayılan  $\text{NH}_3$  emisyonlarının ana kaynağı yemdeki yüksek ham protein (HP) düzeyidir. Sürdürülebilir kanatlı üretiminde  $\text{NH}_3$  emisyonunu azaltmak amacıyla karmanın HP düzeyinin düşürülmesi önerilmektedir (Ferguson et al., 1998; Sajejev et al., 2018). Son yıllarda özellikle yoğun üretimde HP düzeyininin düşürülmesi sonucu hem  $\text{NH}_3$  emisyonlarının azaldığı hem de hayvan sağlığı, refahı ve büyüme performansından ödün vermeden çevre dostu bir üretim yapma fırsatı sağlanabildiği belirlenmiştir (EPA, 2017; Selle et al., 2020). Ferguson et al. (1998) ve Ospina-Rojas et al. (2012) karma yemlerde HP düzeyinin %1 düşürülmesi ile azot (N) atılımında %13 azalma olduğunu belirtmişlerdir. Etlik piliç karma yemlerinde HP düzeyinin % 2-3 azaltılmasının performansı olumsuz etkilemediği buna karşın, düzeyin %3 'den daha fazla düşürülmesinin ise olumsuz etkilediği ve hayvan vücudunda yağ birikimine neden olduğu ifade edilmektedir (Chrystal et al., 2020a,b). Sürdürülebilir kanatlı işletmelerinde standart besleme normlarından daha düşük HP düzeyi kullanılarak hazırlanan karma yemlere belirli sentetik amino asitlerin (metionin, lizin, ve dalanmış zincirli amino asitler) ilave edilmesi önerilmektedir (Malomo et al., 2013; Ospina- Rojas et al., 2017, 2019; Kop-Bozbay & Ocak, 2020; Kop-Bozbay et al., 2021). Ayrıca, günlük fotoperiyot boyunca dengeli bir karmanın enerji ve protein kaynaklarına erişim süresinin veya bunlar arasında serbest seçimin sunulmasının, sürdürülebilir yumurta tavukçuluğunda uygulanabilir bir strateji olduğu öngörülmektedir (Ocak & Sungu, 2009; Kuhl et al., 2012).

#### **Karma yemlerin ham selüloz düzeyinin yükseltilmesi**

Ham selüloz düzeyinin artırılması amacıyla karma yemlere kaba yemlerin ilave edilmesinin amonyak emisyonunu azaltarak hayvan ve çevre üzerine olumlu etkilerde bulunduğunu bildirilmektedir. Nitekim ham selüloz düzeyinin artırılması ile yumurtacı tavuklarda  $\text{NH}_3$  emisyonlarının azaldığı ifade edilmiştir (Roberts et al., 2007; Wu-Haan et al., 2010). Roberts et al. (2007), ticari yumurtacı tavuk yemlerine ham selüloz içeriğini yükseltmek amacıyla ilave edilen DDGS, orta kalitede buğday ve soya fasulyesi kabuğunun gübre ile ilk 7 günde yayılan amonyağı %50 oranında azalttığı ve gübrede pH'ı önemli derecede düşürdüğünü saptamışlardır. Özellikle, yulaf kabukları gibi orta miktarda çözünmeyen ham selüloz içeren hammaddelerin %2 ile %3 oranında karma yeme ilavesinin büyüme performansı, sindirim organı gelişimi, HCl, safra asitleri ve enzim salgılanmasını iyileştirdiği bildirilmiştir (Mateos et al., 2012).

#### **Karma yemlere yem katkı maddeleri ilave edilmesi ve teknolojik işlemler**

Kanatlılarda ham selüloz sindirim sisteminin işlevini düzenleyen bileşen ya da antinütrisyonel besin olarak değerlendirilmektedir (Sadeghi et al., 2015). Bunun nedeni ise ham selülozun fiziksel ve kimyasal

yapısının karmaşıklığı ile değişkenliğinden kaynaklanmaktadır (Choct, 2015). Yemdeki ham selüloz suda çözünmeyen (nişasta tabiyatında olmayan polisakkaritler) ve suda çözünen (polisakkaritler) olmak üzere iki formda bulunmaktadır. Suda çözünen polisakkaritler bağırsak viskozitesini artırarak besin maddelerinin sindirim sisteminden geçiş hızını azaltır. Bunun sonucunda bağırsakta patojenik bakterilerin büyümesini destekleyen hipoksik oluşabilir (Owusu-Asiedu et al., 2006). Ayrıca karkas ağırlığını ve altlık kalitesini olumsuz etkiler. Bu amaçla karma yemlere bazı enzimlerin ilave edilmesi önerilmektedir (Jacob & Pescatore, 2012). Suda çözünmeyen ham selüloz ise fiziksel ve kimyasal yapıları gerektiğinde inert olmalarına izin vermektedir (Tejeda & Kim, 2021). Kanatlı beslemede yem sindirilebilirliğini iyileştirmek amacı ile kullanılan ekzojen enzimlerin (fitaz, amilaz, glukanaaz, ksilanaz ve proteaz) temel işlevi, doğrudan hidroliz yoluyla yem besinlerinin sindirilebilirliğini iyileştirmeye çalışmak olsa da, yemin lezzetini iyileştirme, bağırsak viskozitesini azaltma ve bazı besinlerin sindirim bölgesini değiştirme gibi etkileri de mevcuttur (Ajila et al., 2012; Cowieson & Roos, 2016). Enzim ilavesi, ileumda besin maddelerinin sindirilebilirliğini artırdığından gübre ile daha az besin maddesinin atılımını sağlaması yanısıra bu substratların zararlı mikroorganizmalarca değerlendirilememesi nedeniyle mikroflara üzerine de olumlu etkiler yaparak hayvan sağlığını iyileştirmektedir Munyaka et al. (2016) karma yemlere ekzojen enzim ilavesinin laktik asit bakterileri ve bütirat düzeyini artırdığını belirtmiştir. Jabbar et al. (2021) etlik piliç yemine 30.000 IU/kg proteaz enzimi ilavesi ile protein sindirilebilirliğinin arttığını belirtmiştir.

Yadav & Jha (2019) bağırsak mikrobiyotasını düzenlemek ve işlevselliğini artırmak amacıyla probiyotik, prebiyotik ve simbiyotik gibi katkı maddelerinin ilave edilmesini önermiştir. Bu stratejilerin çoğu antimikrobiyallerin kullanımını en aza indirmek için geliştirilmiş olsa da, bazı araştırmalar bunların sindirim sisteminin sağlığı, besin maddelerinin sindirilebilirliği ve sera gazı emisyonları üzerinde doğrudan bir etkisi olduğunu bildirmektedir (Liu et al., 2019). Probiyotikler, verildiği hayvanın bağırsaklarında patojen mikroorganizmalara karşı antagonistik etki gösteren, bağırsak mikroflorası üzerine yararlı etkiler oluşturan patojen olmayan gram (+) ve fakültatif anaerob olan, laktik asit üreten canlı, doğal bağırsak bakterileri, maya kültürleri ve hücreleri ile mantarlar, enzimler ve endüstriyel fermantasyon yan ürünlerini içeren yem katkı maddeleridir (Pal, 1999).

Kanatlı hayvanlarda mikroflora stabilitesini korumak amacıyla kullanılan diğer bir katkı maddesi oligosakkaritlerdir (mannanoligosakkaritler, fruktooligosakkaritler, kitosan oligosakkaritler, beta-glukan ve lignin gibi). *Salmonella*, *E. coli* ve *Campylobacter* bakterilerinin gelişimini engellemek amacıyla yemlere ilave edilmektedirler (Mead, 2002). Oligosakkaritler kimyasal yapılarından dolayı sindirim sistemindeki enzimlere dayanıklıdır ve sindirim sisteminin üst kısımlarında parçalanmadan kalın bağırsağa gelirler. Burada yararlı mikroorganizmalar (*Lactobacillus*, *Bifidobacter*, *Bacteroides* gibi) tarafından metabolize edilirken zararlı mikroorganizmalar tarafından değerlendirilemezler.

Doğal olmaları ile son dönemlerde öne çıkan bitkisel ekstraktlar ve esans yağlar antimikrobiyal etkiye, büyümeyi teşvik edici ve yemden yararlanmayı iyileştirici özelliklere sahiptirler (Guo et al., 2003). Ağızdan itibaren sindirim sistemi içerisinde patojen mikroorganizmaların öldürülmesi ve sindirim salgılarının artmasına yardımcı olurlar. Böylece sindirime katkıda bulunurlar. Chowdhury et al. (2018) 0,3 g/kg uçucu yağ (sinnamaldehyt) ilavesinin duodenum, jejunum ve ileumda villus yüksekliğini artırdığı ve *E. Coli* seviyesini düşürdüğü bildirilmiştir. Polifenollerin (resveratrol) 300 ve 600 mg/kg ilavesi ile yemden yararlanma oranı ve canlı ağırlığın iyileştiği ve *E. Coli* düzeyinin azaldığı belirtilmiştir (Mohebodini et al., 2018).

Günümüzde hayvan beslemede %100 sindirilebilir besin maddesi içeren bir karma yem oluşturmak mümkün değildir (Cerisuelo & Calvet, 2020). Sürdürülebilir kanatlı üretimi ham protein ve ham selüloz sindirilebilirliğini artırarak sağlanabilmektedir (Rojas & Stein, 2017; Kiarie & Mills, 2019; Olukomaiya et al., 2019). Yemin fiziksel formu ve bileşenleri sindirilebilirlik, emilim ve sindirim sistemi sağlığını önemli düzeyde etkilemektedir (Apajalahti et al., 2004). Bu nedenle besin madde sindirilebilirliğini artırmak amacıyla hammaddelere uygulanan teknolojik işlemler ve katkı maddelerinin kullanımı gündeme gelmiştir (Rojas & Stein, 2017; Cerisuelo & Calvet, 2020). Hammaddelere uygulanan teknolojik işlemler; öğütme,

dehidrasyon, hidrotermal işlemler (peletleme, ekstrüzyon, genleştirme) ve biyoteknolojik uygulamalar (katı kültür fermantasyon) ile sindirilebilirliğin iyileştirilebileceği belirtilmiştir. Öğütme, bileşenlerin partikül boyutunun azaltılması ile besin maddelerinin sindirilebilirliğini artırır (Vukmirovic et al., 2017; Kiarie & Mills, 2019). Genleştirme veya ekstrüzyon ham selüloz sindirilebilirliğini artırmasına rağmen ekonomik olmaması, protein ve aminoasit gibi besin maddelerinin yapısının bozulmasından dolayı pek tercih edilmemektedir (Rojas & Stein, 2017). Katı kültür fermantasyonu ise hammaddelerin protein ve lipid içeriğinin artırılmasını sağlamaktadır (Aljubori et al., 2017). Bu teknoloji, hammaddelerin lignoselülozik içeriğini azaltarak besin maddelerinin biyoyararlanımını artırabilir. Dahası fitik asit ve tanenler gibi antibesinsel faktörlerin içeriğini azaltabilmektedir (Shi et al., 2021). Sürdürülebilirliğin sağlanması için besin madde sindirilebilirliği uygun, pratik ve ekonomik teknolojik işlemlerle artırılabilir.

## SONUÇ

Kanatlı sektörü yem üretimi, arazi kullanım etkinliği, gübre yönetimi ve enerji kullanımı ile bir takım çevresel etkilere neden olmaktadır. Bu amaçla sürdürülebilir kanatlı üretimi çevre, ekonomi ve sosyal açıdan bir bütün olarak değerlendirilmelidir. Sürdürülebilir besleme, yem üretiminin çevresel etkisini azaltmak, besin madde atılımını azaltmak ve iyileştirilmiş sindirim sistemi ile sağlanabilmektedir. Yem üretiminin çevresel etkisi; karma yemlerin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA) esas alınarak hazırlanması, alternatif protein kaynaklarının kullanılması ve hidroponik tarım modeli gibi besleme stratejileri ile azaltılabilmektedir. Gübre yönetimi ise HP düzeyinin azaltılması, ham selüloz ilavesi ve besin madde sindirilebilirliği iyileştirilmesi çevresel etkileri azaltmaktadır. Ayrıca hammaddelere uygulanan teknolojik uygulamalar ve enzim ilavesi besin madde sindirilebilirliği artırabilmektedir. Kanatlı üretimde maksimum verim için sindirim sistemi sağlığı en önemli etmendir. Bu amaçla probiyotik, prebiyotik ve fenolik bileşikler gibi katkı maddeleri kullanılarak iyileştirilmiş sindirim sistemi sağlanmalıdır. Sonuç olarak kanatlı beslenmesinde performans ve sağlıktan ödün vermeden uygun, pratik ve ekonomik stratejiler ile daha çevre dostu üretim yapmak gerekmektedir. Yapılan çalışmalara bakıldığında ise konunun geniş kapsamlı ve güncel olduğu görülmektedir.

Kanatlı hayvanların beslenmesinde performans parametrelerinin iyileştirilmesinin yanında, bunun çevreye olan etkilerinin göz önünde bulundurulması ve uygun besleme stratejilerinin uygulanması gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- Abouelezz, K.F.M., M.A.M. Sayed & M.A. Abdelnabi, 2019. Evaluation of hydroponic barley sprouts as a feed supplement for laying Japanese quail: Effects on egg production, egg quality, fertility, blood constituents, and internal organs. *Animal Feed Science and Technology*, 252 (6): 126-135. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.04.011>
- Ajila, C.M., S.K. Brar, M. Verma, R.D. Tyagi, S. Godbout & J.R. Valéro, 2012. Bio-processing of agro-byproducts to animal feed. *Critical reviews in biotechnology*, 32 (4): 382-400. <https://doi.org/10.3109/07388551.2012.659172>
- Aljubori, A., Z. Idrus, A.F. Soleimani, N. Abdullah & L. Juan Boo, 2017. Response of broiler chickens to dietary inclusion of fermented canola meal under heat stress condition. *Italian Journal of Animal Science*, 16 (4): 546-551. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1292830>
- Ansari, F.A., M. Nasr, A. Guldhe, S.K. Gupta, I. Rawat I & F. Bux, 2020. Techno-economic feasibility of algal aquaculture via fish and biodiesel production pathways: A commercial-scale application. *Science of the Total Environment*, 704 (7): 135259. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135259>
- Apajalahti, J., A. Kettunen & H. Graham, 2004. Characteristics of the gastrointestinal microbial communities, with special reference to the chicken. *World's Poultry Science Journal*, 60 (2): 223-232. <https://doi.org/10.1079/wps200415>
- Borrero, J.D., 2021. Expanding the Level of Technological Readiness for a Low-Cost Vertical Hydroponic System. *Inventions*, 6 (4): 68. <https://doi.org/10.3390/inventions6040068>



- Celi, P., A.J. Cowieson, F. Fru-Nji, R.E. Steinert, A.M. Klünter & V. Verlhac, 2017. Gastrointestinal functionality in animal nutrition and health: new opportunities for sustainable animal production. *Animal Feed Science and Technology*, 234 (1): 88-100. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.09.012>
- Cerisuelo, A. & S. Calvet, 2020. Feeding in monogastric animals: A key element to reduce its environmental impact. *ITEA Informacion Tecnica Economica Agraria*, 116 (5): 483-506. <https://doi.org/10.12706/itea.2020.039>
- Choct, M., 2015. Fibre-chemistry and functions in poultry nutrition. *Avicultura*, 28 (30): 113-119.
- Chowdhury, S., G.P. Mandal & A.K. Patra, 2018. Different essential oils in diets of chickens: 1. Growth performance, nutrient utilisation, nitrogen excretion, carcass traits and chemical composition of meat. *Animal Feed Science and Technology*, 236: 86-97. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.12.002>
- Chrystal, P.V., A.F. Moss, A. Khoddami, V.D. Naranjo, P.H. Selle & S.Y. Liu, 2020b. Impacts of reduced-crude protein diets on key parameters in male broiler chickens offered maize-based diets. *Poultry Science*, 99 (1): 505-516. <https://doi.org/10.3382/ps/pez573>
- Chrystal, P.V., A.F. Moss, D. Yin, A. Khoddami, V.D. Naranjo, P.H. Selle et al., 2020a. Glycine equivalent and threonine inclusions in reduced-crude protein, maize-based diets impact on growth performance, fat deposition, starch-protein digestive dynamics and amino acid metabolism in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 261 (114387): 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114387>
- Cowieson, A.J. & F.F. Roos, 2016. Toward optimal value creation through the application of exogenous mono-component protease in the diets of non-ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 221 (1): 331-340. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.04.015>
- EPA, 2017. Air Quality Compliance Agreement for Animal Feeding Operations. (Erişim adresi: [https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-01/documents/web\\_placeholder.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-01/documents/web_placeholder.pdf)) (Erişim tarihi: Eylül 2019).
- FAO, 2014. Towards a concept of sustainable animal diets: report based on the collated results of a survey of stakeholder views. *FAO Animal Production and Health reports 7*, Rome, Italia. 81 pp. (Erişim adresi: <http://www.fao.org/3/a-i4146e.pdf>) (Erişim tarihi: 15 nisan 2020).
- FAO, 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (Erişim adresi: [www.fao.org](http://www.fao.org)) (Erişim Tarihi: 31 Kasım 2018).
- FEFAC, 2016. Vision on animal feed industry: A knowledge driven, reliable partner of a competitive livestock sector. (Erişim adresi: <http://www.fefac.eu/files/67547.pdf>) (Erişim tarihi: 30 Mart 2020).
- Ferguson, N.S., R.S. Gates, J.L. Taraba, A.H. Cantor, A.J. Pescatore, M.J. Ford et al., 1998. The effect of dietary crude protein on growth, ammonia concentration, and litter composition in broilers. *Poultry Science*, 77 (10): 1481-1487. <https://doi.org/10.1093/ps/77.10.1481>
- Ferrer, P., S. Calvet, M. Roca, M. Cambra-López & A. Cerisuelo, 2019. Efecto de la inclusión de pulpa de naranja sobre los rendimientos productivos, los metabolitos fecales y el microbioma intestinal en cerdos de engorde. *XVIII Jornadas sobre Producción Animal*, 7-8 de mayo, Zaragoza, España, pp. 242-244.
- Frenette, E., O. Bahn & K. Vaillancourt, 2017. Meat, dairy and climate change: assessing the long-term mitigation potential of alternative agri-food consumption patterns in Canada. *Environmental Modeling & Assessment*, 22 (1): 1-16. <https://doi.org/10.1007/s10666-016-9522-6>
- Garcia-Launay, F., L. Dusart, S. Espagnol, S. Laisse-Redoux, D., Gaudré, B. Méda et al., 2018. Multiobjective formulation is an effective method to reduce environmental impacts of livestock feeds. *British Journal of Nutrition*, 120 (11): 1298-1309. <https://doi.org/10.1017/S0007114518002672>
- Gerber, P.J., H. Steinfeld, B. Henderson, A. Mottet, C. Opio, J. Dijkman et al., 2013. Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities. *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*, İtalya- Roma, 139 pp.
- Guo, C., J. Yang, J. Wei, Y. Li, J. Xu & Y. Jiang, 2003. Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutrition Research*, 23 (12): 1719-1726. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2003.08.005>
- He, X., Q. Hu, J. Chen, W.Q. Leong, Y. Dai & C.H. Wang, 2022. Energy and environmental risk assessments of poultry manure sustainable solution: An industrial case study in Singapore. *Journal of Cleaner Production*, 130787. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130787>
- Herrero, M., P.K. Thornton, A.M. Notenbaert, S. Wood, S. Msangi, H.A. Freeman et al., 2010. Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. *Science*, 327 (5967): 822-825.

- Huhtanen, P. & A. Huuskonen, 2020. Modelling effects of carcass weight, dietary concentrate and protein levels on the CH<sub>4</sub> emission, N and P excretion of dairy bulls. *Livestock Science*, 232: (103896). <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103896>
- Ibekwe, A.M., S.E. Murinda, M.A. Murry, G. Schwartz & T. Lundquist, 2017. Microbial community structures in high rate algae ponds for bioconversion of agricultural wastes from livestock industry for feed production. *Science of The Total Environment*, 580 (1): 1185-1196. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.12.076>
- IFIF, 2019. What is the global feed industry. International Feed Industry Federation Factsheet; International Feed Industry Federation (IFIF): Wiehl, Germany. (Erişim adresi: <https://ifif.org/wp-content/uploads/2019/06/IFIF-Fact-Sheet-October-11th-2019.pdf>) (Erişim tarihi: 11 Ekim 2019).
- Işık, Ö. & F. Kırkpınar, 2020. The Effect of Feeding on Environmental Pollutant Emissions in Broiler Production. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8 (1): 234-238. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i1.234-238.3105>
- Jabbar, A., M. Tahir, R.U. Khan & N. Ahmad, 2021. Interactive effect of exogenous protease enzyme and dietary crude protein levels on growth and digestibility indices in broiler chickens during the starter phase. *Tropical Animal Health and Production*, 53 (1): 1-5. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02466-5>
- Jacob, J.P. & A.J. Pescatore, 2012. Using barley in poultry diets-A review. *Journal of Applied Poultry Research*, 21 (4): 915-940. <https://doi.org/10.3382/japr.2012-00557>
- Khan, S., S. Naz, A. Sultan, I.A. Alhaidary, M.M. Abdelrahman, R.U. Khan, et al., 2016. Worm meal: a potential source of alternative protein in poultry feed. *World's Poultry Science Journal*, 72 (1): 93-102. <https://doi.org/10.1017/S0043933915002627>
- Kırkpınar, F., K. Tan & S. Mert, 2013. Kanatlı Kümes Hayvanlarının Beslenmesinde Kaba Yem Kaynaklarının Kullanılması. 8. Ulusal Zootečni Bilim Kongresi, 5-7 Eylül, Çanakkale. Kongre Kitabı, 375-379.
- Kiarie, E.G. & A. Mills, 2019. Role of feed processing on gut health and function in pigs and poultry: conundrum of optimal particle size and hydrothermal regimens. *Frontiers in Veterinary Science*, 6 (2): 19. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00019>
- Kop-Bozbay, C., A. Akdag, H. Atan & N. Ocak, 2021. Response of broilers to supplementation of branched-chain amino acids blends with different valine contents in the starter period under summer conditions. *Animal Bioscience*, 34 (2): 295-305. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0828>
- Kop-Bozbay, C. & N. Ocak, 2020. Posthatch development in response to branched-chain amino acids blend supplementation in the diet for turkey poults subjected to early or delayed feeding. *Journal of Animal and Plant Sciences-JAPS*, 30: 1098-1105. <https://doi.org/10.36899/JAPS.2020.5.0125>
- Kuhi, H. D., E. Kebreab & J. France, 2012. Application of the law of diminishing returns to partitioning metabolizable energy and crude protein intake between maintenance and growth in egg-type pullets. *Journal of Applied Poultry Research*, 21 (3): 540-547. <https://doi.org/10.3382/japr.2011-00434>
- Lassaletta, L., F. Estellés, A.H. Beusen, L. Bouwman, S. Calvet, H.J. Van Grinsven et al., 2019. Future global pig production systems according to the Shared Socioeconomic Pathways. *Science of the Total Environment*, 665 (1): 739-751. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.079>
- Leinonen, I. & I., Kyriazakis, 2016. How can we improve the environmental sustainability of poultry production?. *Proceedings of the Nutrition Society*, 75 (3): 265-273. <https://doi.org/10.1017/S002966511000094>
- Liu, S., J.Q. Ni, A.J. Heber & W.Z. Liang, 2019. Modeling of dynamic ammonia concentrations in two commercial layer hen houses. *Journal of Environmental Informatics*, 33 (1): 56-67. <https://doi.org/10.3808/jei.201700360>
- Lusk, J. L., 2013. Role of technology in the global economic importance and viability of animal protein production. *Animal Frontiers*, 3 (3): 20-27. <https://doi.org/10.2527/af.2013-0020>
- Mackenzie, S.G., I. Leinonen, N. Ferguson & I. Kyriazakis, 2016. Towards a methodology to formulate sustainable diets for livestock: accounting for environmental impact in diet formulation. *British Journal of Nutrition*, 115 (10): 1860-1874. <https://doi.org/10.1017/S0007114560000763>
- Malomo, G.A., A.S. Madugu & S.A. Bolu, 2018. "Sustainable animal manure management strategies and practices. Agricultural Waste and Residues, 119- 137". Chapters, In: *Agricultural Waste and Residues* (Ed. A. Aladjadjiyan). IntechOpen. <https://dx.doi.org/10.5772/intechopen.78645>
- Malomo, G.A., S.A. Bolu, S.G. Olutade & Z.G. Suleiman, 2013. Effects of feeding low protein diets with methionine and lysine supplementation on the performance and nitrogen economy of broilers. *Research Opinions in Animal and Veterinary Sciences*, 3 (9): 330-334.

- Mateos, G.G., E. Jiménez-Moreno, M.P. Serrano & R.P. Lázaro, 2012. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. *Journal of Applied Poultry Research*, 21 (1): 156-174. <https://doi.org/10.3382/japr.2011-00477>
- Mead, G.C., 2002. Factors affecting intestinal colonisation of poultry by *Campylobacter* and role of microflora in control. *World's Poultry Science Journal*, 58 (2): 169-178. <https://doi.org/10.1079/wps20020016>
- Méda, B., P. Belloir, A. Narcy & A. Wilfart, 2019. Improving environmental sustainability of poultry production using innovative feeding strategies. *Proceedings of the 22nd European symposium on poultry nutrition*, 10–13 June 2019, Gdańsk, Poland (2019), 82-92 pp.
- MITECO, 2019. Sistema Español de Inventario de Emisiones. Inventario 1990-2017. (Erişim adresi: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-eva-luacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/>) (Erişim tarihi: 20 Mayıs 2019).
- Mohammed, A.B., S.A. Mohammed, A.F. Ayanlere & O.K. Afolabi, 2013. Evaluation of Poultry Egg Marketing in Kuje Area Council Municipality of FCT Abuja, Nigeria. *Greener Journal of Agricultural Sciences*, 3 (1): 068-072. <https://doi.org/10.15580/GJAS.2013.1.101112111>
- Mohebodini, H., V. Jazi, R. Bakhshalinejad, A. Shabani & A. Ashayerizadeh, 2018. Effect of dietary resveratrol supplementation on growth performance, immune response, serum biochemical indices, cecal microflora, and intestinal morphology of broiler chickens challenged with *Escherichia coli*. *Livestock Science*, 229: 3-21 <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.09.008>
- Munasinghe, M. & W. Shearer, 1995. Defining and measuring sustainability: the biogeophysical foundations (No. PB-95-258885/XAB). International Bank for Reconstruction and Development, Washington, DC (United States).
- Munyaka, P.M., N.K. Nandha, E. Kiarie, C.M. Nyachoti & E. Khafipour, 2016. Impact of combined  $\beta$ -glucanase and xylanase enzymes on growth performance, nutrients utilization and gut microbiota in broiler chickens fed corn or wheat-based diets. *Poultry Science*, 95 (3): 528-540. <https://doi.org/10.3382/ps/pev333>
- Naik, P.K., B.K. Swain & N.P. Singh, 2015. Production and utilisation of hydroponics fodder. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 32 (1): 1-9.
- National Research Council, (NRC), 2003. Air emissions from animal feeding operations: Current knowledge, future needs. <http://www.nap.edu/catalog/10586.html>
- Niderkorn, V. & A. Jayanegara, 2021. Opportunities offered by plant bioactive compounds to improve silage quality, animal health and product quality for sustainable ruminant production: A Review. *Agronomy*, 11 (1): 86. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010086>
- Ocak, N. & Sungu, M., 2009. Growth and egg production of layer pullets can be affected by the method of supplying energy and protein sources. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89 (11): 1963-1968. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3684>
- Olukomaiya, O., C. Fernando, R. Mereddy, X. Li & Y. Sultanbawa, 2019. Solid-state fermented plant protein sources in the diets of broiler chickens: A review. *Animal Nutrition*, 5 (4): 319-330. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2019.05.005>
- Ospina-Rojas I.C., A.E. Murakami, C.R.A. Duarte, G.R. Nascimento, E.R.M. Garcia, M.I. Sakamoto et al., 2017. Leucine and valine supplementation of low-protein diets for broiler chickens from 21 to 42 days of age. *Poultry Science*, 96: 914-22. <https://doi.org/10.3382/ps/pew319>
- Ospina-Rojas I.C., A.E. Murakami, C.R.A. Duarte, P.C. Pozza, R.M. Rossi & E. Gasparino, 2019. Performance, diameter of muscle fibers, and gene expression of mechanistic target of rapamycin in pectoralis major muscle of broilers supplemented with leucine and valine. *Canadian Journal of Animal Science*, 99: 168-78. <https://doi.org/10.1139/cjas-2018-0020>
- Ospina-Rojas, I.C., A.E. Murakami, C. Eyng, R.V. Nunes, C.R.A. Duarte & M.D. Vargas, 2012. Commercially available amino acid supplementation of low-protein diets for broiler chickens with different ratios of digestible glycine+serine: lysine. *Poultry Science*, 91 (12): 3148-3155. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02470>
- Owusu-Asiedu, A.J.F.J., J.F. Patience, B. Laarveld, A.G. Van Kessel, P.H. Simmins & R.T. Zijlstra, 2006. Effects of guar gum and cellulose on digesta passage rate, ileal microbial populations, energy and protein digestibility, and performance of grower pigs. *Journal of animal science*, 84 (4): 843-852. <https://doi.org/10.2527/2006.844843x>
- Pal, P.U.C., 1999. Probiotics benefits. *Poultry International*, 38 (12): 40-42.
- Pomar, C. & A. Remus, 2019. Precision pig feeding: a breakthrough toward sustainability. *Animal Frontiers*, 9 (2): 52-59. <https://doi.org/10.1093/af/vfz006>

- Roberts, S. A., H. Xin, B.J. Kerr, J.R. Russell & K. Bregendahl, 2007. Effects of dietary fiber and reduced crude protein on ammonia emission from laying-hen manure. *Poultry Science*, 86 (8): 1625-1632. <https://doi.org/10.1093/ps/86.8.1625>
- Rojas, O. J. & H.H. Stein, 2017. Processing of ingredients and diets and effects on nutritional value for pigs. *Journal of animal science and biotechnology*, 8 (1): 1-13. <https://doi.org/10.1186/s40104-017-0177-1>
- Sadeghi, A., M. Toghyani & A. Gheisari, 2015. Effect of various fiber types and choice feeding of fiber on performance, gut development, humoral immunity, and fiber preference in broiler chicks. *Poultry Science*, 94 (11): 2734-2743. <https://doi.org/10.3382/ps/pev292>
- Sajeev, E.P.M., B. Amon, C. Ammon, W. Zollitsch & W. Winiwarter, 2018. Evaluating the potential of dietary crude protein manipulation in reducing ammonia emissions from cattle and pig manure: A meta-analysis. *Nutrient cycling in agroecosystems*, 110 (1): 161-175. <https://doi.org/10.1007/s10705-017-9893-3>
- Sans, P. & P. Combris, 2015. World meat consumption patterns: An overview of the last fifty years (1961–2011). *Meat science*, 109: 106-111. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.05.012>
- Selle, P.H., P.V. Chrystal & S.Y. Liu, 2020. The cost of deamination in reduced-crude protein broiler diets. In *Process Australia Poultry Science Symptom* 31: 63-66.
- Shi, H., E. Yang, Y. Li, X. Chen & J. Zhang, 2021. Effect of Solid-State Fermentation on Nutritional Quality of Leaf Flour of the Drumstick Tree (*Moringa oleifera* Lam.). *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9 (2021): 267. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.626628>
- Tallentire, C.W., S.G. Mackenzie & I. Kyriazakis, 2017. Environmental impact trade-offs in diet formulation for broiler production systems in the UK and USA. *Agricultural Systems*, 154 (5): 145-156. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.03.018>
- Teenstra, E.D., F.E. de Buissonjé, A. Ndambi & D. Pelster, 2015. *Manure Management in the (Sub-) Tropics: training manual for extension workers (No. 919)*. Wageningen UR Livestock Research.
- Tejeda, O. & W. Kim, 2021. Role of dietary fiber in poultry nutrition. *Animals*, 11 (2): 461. <https://doi.org/10.3390/ani11020461>
- Thornton, P.K., 2010. Livestock production: recent trends, future prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365 (1554): 2853-2867. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0134>
- UN (United Nations), 2019. *Global Sustainable Development Report: The Future is Now: Science for Achieving Sustainable Development*. New York: United Nations.
- UNESCO, 2017. Division for Inclusion, Peace and Sustainable Development, Education Sector. *Education for sustainable development goals; Learning objectives*. (Erişim adresi: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444>)
- Vukmirović, D., A. Fišteš, J. Lević, R. Čolović, D. Rakić, T. Brlek et al., 2017. Possibilities for preservation of coarse particles in pelleting process to improve feed quality characteristics. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 101 (5): 857-867. <https://doi.org/10.1111/jpn.12489>
- WCED, 1987. World commission on environment and development. *Our common future*, 17 (1): 1-91.
- Wu-Haan, W., W. Powers, R. Angel & T.J. Applegate, 2010. The use of distillers dried grains plus solubles as a feed ingredient on air emissions and performance from laying hens. *Poultry science*, 89 (7): 1355-1359. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00471>
- Xu, Y., 2014. *Interaction of dietary coarse corn with litter conditions on broiler live performance and gastrointestinal tract function*. North Carolina State University.
- Yadav, S., & R. Jha, 2019. Strategies to modulate the intestinal microbiota and their effects on nutrient utilization, performance, and health of poultry. *Journal of animal science and biotechnology*, 10 (1):1-11. <https://doi.org/10.1186/s40104-018-0310-9>
- Ziegler, F., K. Nilsson, N. Levermann, M. Dorph, B. Lyberth, A.A. Jessen et al., 2021. Local Seal or Imported Meat? Sustainability Evaluation of Food Choices in Greenland, Based on Life Cycle Assessment. *Foods*, 10(6), 1194.