

HAYVAN BESLEME, YETİŞTİRME SİSTEMLERİ VE EKONOMİK SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAKIMINDAN FONKSİYONEL VE ALTERNATİF YEMLER

EDİTÖRLER

Mustafa BOĞA

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Ceyhun YÜCEL

Yozgat Bozok Üniversitesi



© Copyright 2026

Bu kitabın, basım, yayın ve satış hakları Akademisyen Yayınevi A.Ş.'ye aittir. Anılan kuruluşun izni alınmadan kitabın tümü ya da bölümleri mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kayıt ve/veya başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz, dağıtılamaz. Tablo, şekil ve grafikler izin alınmadan, ticari amaçlı kullanılamaz. Bu kitap T.C. Kültür Bakanlığı bandrolü ile satılmaktadır.

ISBN

978-625-362-223-7

Kitap Adı

Hayvan Besleme, Yetiştirme Sistemleri ve Ekonomik Sürdürülebilirlik
Bakımından Fonksiyonel ve Alternatif Yemler

Editörler

Mustafa BOĞA

ORCID iD: 0000-0001-8277-9262

Ceyhun YÜCEL

ORCID iD: 0000-0002-1978-9051

Yayın Koordinatörü

Yasin DİLMEN

Sayfa ve Kapak Tasarımı

Akademisyen Dizgi Ünitesi

Yayıncı Sertifika No

47518

Baskı ve Cilt

Vadi Matbaacılık

Bisac Code

TEC003020

DOI

10.37609/akya.4339

Kütüphane Kimlik Kartı

Hayvan Besleme, Yetiştirme Sistemleri ve Ekonomik Sürdürülebilirlik Bakımından Fonksiyonel ve

Alternatif Yemler / ed. Mustafa Boğa, Ceyhun Yücel.

Ankara : Akademisyen Yayınevi Kitabevi, 2026.

330 s. : tablo. ; 160x235 mm.

Kaynakça ve Dizin var.

ISBN 9786253622237

GENEL DAĞITIM

Akademisyen YAYINEVİ A.Ş.

Halk Sokak 5 / A Yenışehir / Ankara

Tel: 0312 431 16 33

siparis@akademisyen.com

www.akademisyen.com

ÖNSÖZ

Hayvancılık; yem kaynakları, üretim maliyetleri, hayvan sağlığı, verimlilik, iklim koşulları ve doğal kaynakların birlikte değerlendirilmesini gerektiren çok boyutlu bir üretim alanıdır. Artan yem maliyetleri, iklim değişikliği ve doğal kaynaklar üzerindeki baskı, mevcut yem kaynaklarının daha etkin kullanılmasını ve alternatif kaynakların bilimsel temellere dayalı olarak değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır.

“Hayvan Besleme, Yetiştirme Sistemleri ve Ekonomik Sürdürülebilirlik Bakımından Fonksiyonel ve Alternatif Yemler” başlıklı bu eser, alternatif ve fonksiyonel yem kaynaklarını yalnızca besin madde içerikleri açısından değil; biyoaktif bileşenleri, sindirilebilirlikleri, hayvan sağlığı ve performansı, ürün kalitesi, çevresel etkileri ve ekonomik uygulanabilirlikleri açısından birlikte ele almaktadır. Ağaç yaprakları, endüstriyel yan ürünler, tıbbi ve aromatik bitkiler, silajlar, yem bitkileri ve mera kaynakları gibi farklı seçeneklerin yanı sıra, bu kaynakların ruminantlar, tek mideli hayvanlar ve kanatlılarda kullanımına ilişkin güncel yaklaşımlar değerlendirilmektedir.

Alternatif bir yem kaynağının değerini yalnızca düşük maliyetli olması belirlemez. Hayvanın gereksinimleri, kullanım düzeyi, mevcut rasyonla etkileşimi, sindirim ve metabolizma üzerindeki etkileri, ürün kalitesi ve işletme koşulları birlikte değerlendirilmelidir. Bu nedenle kitapta laboratuvar bulgularından hayvan performansına, çevresel etkilerden ekonomik sürdürülebilirliğe uzanan bir yaklaşım benimsenmiştir.

Eserin, bilimsel bilgiyi uygulamayla buluşturması; akademisyenler, araştırmacılar ve öğrencilerin yanı sıra veteriner hekimler, ziraat mühendisleri, yem sektörü çalışanları ve üreticiler için anlaşılır ve yararlanılabilir bir kaynak olması amaçlanmıştır.

Kitabın hazırlanmasına katkı sağlayan tüm bölüm yazarlarına teşekkür eder, eserin hayvan besleme ve sürdürülebilir hayvansal üretim alanındaki çalışmalara katkı sağlamasını dileriz.

Editörler

Mustafa BOĞA

Ceyhun YÜCEL

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1	Ağaç Yapraklarının Hayvan Beslemede Alternatif Fonksiyonel Yem Kaynağı Olarak Değerlendirilmesi: Besin Değeri, Biyoaktif Bileşikler ve Besleme Stratejileri	1
	<i>Ceyhun YÜCEL</i>	
	<i>Cennet YAMAN</i>	
Bölüm 2	Endüstriyel Yan Ürünlerinin Hayvan Beslemede Alternatif ve Fonksiyonel Yem Kaynağı Olarak Değerlendirilmesi	27
	<i>Abdulkadir ERİŞEK</i>	
Bölüm 3	Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Hayvan Beslemede Fonksiyonel Rolü: Biyoaktif Bileşikler, Sindirim ve Metabolik Etkiler	53
	<i>Cennet YAMAN</i>	
	<i>Ceyhun YÜCEL</i>	
Bölüm 4	Buğdaygil ve Baklagil Silajlarının Hayvan Beslemede Fonksiyonel Değeri ve Modern Hayvancılık Sistemlerine Entegrasyonu	79
	<i>Hasan KALE</i>	
	<i>Uğur BAŞARAN</i>	
Bölüm 5	Yem Bitkilerinde Kalite ve Fonksiyonelliği Artırmaya Yönelik Agronomik ve Kültürel Uygulamalar	89
	<i>Hasan KALE</i>	
	<i>Uğur BAŞARAN</i>	
Bölüm 6	Çayır ve Mera Ekosistemlerinde Biyoçeşitlilik, Yem Kalitesi ve Hayvan Besleme İlişkisi	99
	<i>Mustafa AVCI</i>	
Bölüm 7	Alternatif ve Fonksiyonel Yemlerin Ruminantlarda In Vitro Sindirilebilirlik, Fermantasyon ve Metan Üretimi Üzerine Etkileri.....	115
	<i>Gürkan SEZMİŞ</i>	
Bölüm 8	Biyoaktif Bileşikler Aracılığıyla Alternatif Yemlerin Rasyon Kalitesi ve Sindirilebilirlik Üzerine Etkileri.....	137
	<i>Gürkan SEZMİŞ</i>	

Bölüm 9	Fonksiyonel Yem Kaynaklarının In Vivo Sindirim Kinetiği, Metabolik Profil ve Hayvan Sağlığı Üzerine Etkileri	157
	<i>Salih ÇELİK</i>	
Bölüm 10	Fonksiyonel ve Alternatif Yemlerin Büyükbaş Hayvan Yetiştirme Sistemlerinde Performans, Sağlık ve Üretim Verimliliği Üzerindeki Etkileri.....	171
	<i>Hatice Nur KILIÇ ÖZEL</i>	
	<i>Mustafa BOĞA</i>	
Bölüm 11	Fonksiyonel Yemlerin Küçükbaş Hayvan Yetiştirme Sistemlerinde Refah, Adaptasyon ve Çevresel Uyum Üzerine Etkileri	207
	<i>Mehtap GÜNEY</i>	
Bölüm 12	Fonksiyonel ve Alternatif Yemlerin Et, Süt ve Yumurta Kalitesi Üzerine Etkileri: Besleme, Ürün Kalitesi, Tüketici Perspektifi.....	219
	<i>Ahmet AKDAĞ</i>	
Bölüm 13	Fonksiyonel ve Alternatif Yemlerin Tek Mideli Hayvanlarda Sindirim Fizyolojisi, Bağırsak Sağlığı ve Performans Üzerine Etkileri	229
	<i>Metin DURU</i>	
	<i>Asuman ARSLAN DURU</i>	
Bölüm 14	Fonksiyonel ve Alternatif Yemlerin Kanatlı Beslemede Sindirim, Performans ve Ürün Kalitesi Üzerine Etkileri	257
	<i>Metin DURU</i>	
	<i>Asuman ARSLAN DURU</i>	
Bölüm 15	Alternatif ve Fonksiyonel Yemlerin Hayvancılıkta Rekabet Gücü, Üretim Maliyetleri ve Ekonomik Sürdürülebilirlik Üzerine Etkileri ..	293
	<i>Demet ÇANGA BOĞA</i>	
	<i>Mustafa BOĞA</i>	

YAZARLAR

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet AKDAĞ
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat
Fakültesi, Zootečni Bölümü

Prof. Dr. Asuman ARSLAN DURU
Uşak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Zootečni Bölümü

Prof. Dr. Mustafa AVCI
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi,
Tarım Bilimleri ve Teknolojileri
Fakültesi, Bitkisel Üretim ve
Teknolojileri Bölümü

Prof. Dr. Uğur BAŞARAN
Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat
Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü

Prof. Dr. Mustafa BOĞA
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi,
Bor Meslek Yüksek Okulu, Gıda işleme
Bölümü

Doç. Dr. Demet ÇANGA BOĞA
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi,
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi,
İşletme Bölümü

Dr. Salih ÇELİK
Tokat İl Tarım ve Orman Müdürlüğü

Doç. Dr. Metin DURU
Uşak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Zootečni Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Abdulkadir ERİŞEK
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü

Doç. Dr. Mehtap GÜNEY
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat
Fakültesi, Zootečni Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Hasan KALE
Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat
Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü

Öğr. Gör. Hatice Nur KILIÇ ÖZEL
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Gürkan SEZMİŞ
Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat
Fakültesi, Zootečni Bölümü

Doç. Dr. Cennet YAMAN
Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat
Fakültesi, Zootečni Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Ceyhun YÜCEL
Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat
Fakültesi, Zootečni Bölümü

AĞAÇ YAPRAKLARININ HAYVAN BESLEMEDE ALTERNATİF FONKSİYONEL YEM KAYNAĞI OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ: BESİN DEĞERİ, BİYOAKTİF BİLEŞİKLER VE BESLEME STRATEJİLERİ

Ceyhan YÜCEL¹

Cennet YAMAN²

1. GİRİŞ

Küresel hayvancılık sektörü; iklim değişikliği, artan kuraklık ve doğal meraların bozulması gibi çevresel baskılar nedeniyle üretim kapasitesini ve ekonomik sürdürülebilirliğini korumakta zorlanmaktadır (1). Bu süreçte hayvansal üretimin temel girdilerinden olan geleneksel yem hammaddelerinin yüksek maliyeti ve su ayak izi, sürdürülebilirlik açısından önemli bir sorun oluşturmaktadır. Yaşam döngüsü analizleri, yem üretiminin hayvansal üretimin çevresel etkilerinde önemli bir paya sahip olduğunu göstermektedir. Küresel nüfus artışıyla birlikte hayvansal ürünlere olan talebin artması, su ve ekilebilir arazi üzerindeki baskıyı da artıracaktır. Bu nedenle, insan gıdası üretimiyle rekabet etmeyen ve çevresel ayak izi düşük alternatif yem kaynaklarının hayvansal üretim sistemlerine kazandırılması önem taşımaktadır (1).

Bu kapsamda ağaç yaprakları ve odunsu bitki kısımları, derin kök sistemleri sayesinde kurak dönemlerde de biyokütle sağlayabilmeleri nedeniyle alternatif yem kaynakları arasında öne çıkmaktadır. Özellikle *populus* (kavak) ve *Salix* (söğüt) türleri, sınırlı tarımsal üretim potansiyeline sahip alanlarda yetiştirilebilmeleri ve mera veriminin düşük olduğu dönemlerde hayvanlara ek yeşil yem sağlayabilmeleri bakımından değerlidir. Ayrıca bu kaynakların gıda üretimiyle doğrudan rekabet etmemesi ve ekosistem hizmetlerine katkı

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Yozgat Bozok Üniversitesi, Zootečni Bölümü, ceyhun.yucel@yobu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-1978-9051

² Doç. Dr., Yozgat Bozok Üniversitesi, Zootečni Bölümü, cennet.yaman@yobu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-2364-8171

Özellikle tanen içeriği yüksek kaynaklarda güvenli kullanım sınırları deneysel olarak ortaya konulmalıdır.

- **Tür ve yetiştirme koşullarının belirlenmesi:** Ağaç türü ve genotipi, toprak özellikleri, iklim, gelişme dönemi ve hasat zamanının besin ve biyoaktif bileşen profili üzerindeki etkileri birlikte değerlendirilmelidir. Böylece farklı bölgeler için uygun tür ve hasat dönemlerinin belirlenmesi mümkün olacaktır.
- ***In vivo* çalışmaları:** İşkembe fermentasyonu, metan üretimi, besin maddelerinin kullanım etkinliği, hayvan sağlığı ve ürün kalitesi üzerindeki etkileri uzun süreli canlı hayvan çalışmalarında değerlendirilmelidir.

Sonuçta ağaç yapraklarının hayvan beslemede başarılı biçimde kullanılması, biyokimyasal özelliklerinin doğru belirlenmesi ve uygun işleme ile rasyonlama stratejilerinin birlikte uygulanmasına bağlıdır. Bu kaynakların yalnızca kaba yem ikamesi olarak değil, biyoaktif özellikleri dikkate alınan fonksiyonel yem bileşenleri olarak değerlendirilmesi daha yüksek bir kullanım potansiyeli ortaya koymaktadır. Gelecekte besleme modellerinin ağaç yapraklarının özgün özelliklerini dikkate alacak şekilde geliştirilmesi, uygun işleme tekniklerinin belirlenmesi ve hayvan türlerine özgü güvenli kullanım düzeylerinin ortaya konulması önem taşımaktadır. Böylece yerel yem kaynaklarının daha etkin kullanılması, yem maliyetlerinin azaltılması ve çevresel açıdan daha dirençli hayvancılık sistemlerinin geliştirilmesi mümkün olabilir.

10. KAYNAKLAR

1. Bilotto, F., Harrison, M. T., Vibart, R., Mackay, A. D., Christie, K., Ferreira, C., Cottrell, R. S., Forster, D., & Chang, J. (2024). Towards resilient, inclusive, sustainable livestock farming systems. *Trends in Food Science & Technology*, 152, 104668. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104668>
2. Lee, M. A. (2018). A global comparison of the nutritive values of forage plants grown in contrasting environments. *Journal of Plant Research*, 131(4), 641–654. <https://doi.org/10.1007/s10265-018-1024-y>
3. Kú-Vera, J. C., Jiménez-Ocampo, R., Valencia-Salazar, S. S., Montoya-Flores, M. D., Molina-Botero, I. C., Arango, J., Gómez, C., Aguilar-Pérez, C. F., & Solorio-Sánchez, F. J. (2020). Role of Secondary Plant Metabolites on Enteric Methane Mitigation in Ruminants [Review of Role of Secondary Plant Metabolites on Enteric Methane Mitigation in Ruminants]. *Frontiers in Veterinary Science*, 7. *Frontiers Media*. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00584>
4. Horst, E. H., Ammar, H., Khouja, M. L., Vargas, J. E., Andrés, S., & López, S. (2022). In Vitro Screening of the Foliage of Eucalyptus Species Harvested in Different Seasons for Modulating Rumen Fermentation and Methane Production. *Agriculture*, 12(12), 2153. <https://doi.org/10.3390/agriculture12122153>
5. Chisoro, P., Jaja, I. F., & Assan, N. (2023). Incorporation of local novel feed resources in livestock feed for sustainable food security and circular economy in Africa. *Frontiers in Sustainability*, 4. <https://doi.org/10.3389/frsus.2023.1251179>
6. Canúl-Solis, J. R., Campos-Navarrete, M. J., Piñeiro-Vázquez, Á. T., Casanova-Lugo, F., Barros-Rodríguez, M., Chay-Canul, A. J., Cárdenas-Medina, J. V., & Castillo-Sánchez, L. E. (2020). Mitigation of Rumen Methane Emissions with Foliage and Pods of Tropical Trees. *Animals*, 10(5), 843–843. <https://doi.org/10.3390/ani10050843>

7. Aygün, C., Kara, İ. H., Oral, H. H., Erdoğan, İ., Atalay, A. K., & Sever, A. L. (2018). Bazı Çalı Bitkilerinin Sezonluk (İlkbahar, Yaz, Sonbahar) Yaprak Örneklerindeki Makro ve Mikro Besin Elementi İçerikleri. *DergiPark* (Istanbul University). <https://dergipark.org.tr/tr/pub/bdbad/issue/38577/447680>
8. Hotea, I., Dragomirescu, M., Berbecea, A., & Radulov, I. (2023). The Role of Nutrition in Enhancing Sustainability in Sheep Production. In *IntechOpen eBooks*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.113938>
9. Pelcastre, A. A. S., Ramírez-Mella, M., Ávila, N. L. R., & Candelaria-Martínez, B. (2020). ARBOLES Y ARBUSTOS TROPICALES CON POTENCIAL PARA DISMINUIR LA PRODUCCIÓN DE METANO EN RUMIANTES. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(2). <https://doi.org/10.56369/tsaes.3061>
10. Mpofu, M. C., Makumbe, P., Toit, L. du, Chikwanda, D., Madzimore, J., & Chakeredza, S. (2025). The contribution of indigenous multipurpose trees found in Southern Africa to increased livestock production and climate change adaptation: a review [Review of The contribution of indigenous multipurpose trees found in Southern Africa to increased livestock production and climate change adaptation: a review]. *Frontiers in Climate*, 7. Frontiers Media. <https://doi.org/10.3389/fclim.2025.1636284>
11. Sow, S., Ranjan, S., Kumar, N., Nilanjaya, Gitari, H. I., Dayal, P., & Kumar, S. (2024). Sustainable fodder production in South Asia through silvopastoral systems. *Current Science*, 126(10), 1217. <https://doi.org/10.18520/cs/v126/i10/1217-1224>
12. Gunasekaran, S., Bandeswaran, C., & Valli, C. (2022). Tree leaf meal from fodder trees in silvipasture and their potential to support growth in young ruminants. *SHILAP Revista de Lepidopterología*. <https://doaj.org/article/9a689bec35714888b4dc37873a947f75>
13. Ahmed, M. A., Adeyemi, K. D., Jahromi, M. F., Jusoh, S., Alimon, A. R., & Samsudin, A. A. (2017). Effects of dietary *Kleinhovia hospita* and *Leucaena leucocephala* leaves on rumen fermentation and microbial population in goats fed treated rice straw. *Tropical Animal Health and Production*, 49(8), 1749. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1388-3>
14. Kemp, P., Barry, T. N., & Douglas, G. (2003). Edible forage yield and nutritive value of poplar and willow. *NZGA Research and Practice Series*, 10, 53–63. <https://doi.org/10.33584/rps.10.2003.2983>
15. Boudalia, S., Smeti, S., Dawit, M., Senbeta, E. K., Gueroui, Y., Dotas, V., Bousbia, A., & Symeon, G. (2024). Alternative Approaches to Feeding Small Ruminants and Their Potential Benefits. *Animals*, 14(6), 904. <https://doi.org/10.3390/ani14060904>
16. Pardo, G. O., & Prado, A. del. (2020). Guidelines for small ruminant production systems under climate emergency in Europe. *Small Ruminant Research*, 193, 106261. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106261>
17. Mesbahi, G., Barré, P., Delagarde, R., Ginane, C., & Novak, S. (2025). Seasonal dynamics of the nutritive value of temperate forage trees differ among species. *Agroforestry Systems*, 99(6). <https://doi.org/10.1007/s10457-025-01258-w>
18. Boğa, M., Avcı, B. C., KILIÇ, H. N., & CİVANER, A. G. (2021). Bazı Baklagil Ağaç Yapraklarının Alternatif Yem Kaynağı Olarak Besin Madde İçerikleri ve Sindirilebilirliklerinin Belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(5), 1191. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.993655>
19. Nawab, A., Tang, S., Gao, W., Li, G., Xiao, M., An, L., Wu, J., & Liu, W. (2020). Tannin Supplementation in Animal Feeding; Mitigation Strategies to Overcome the Toxic Effects of Tannins on Animal Health: A Review [Review of Tannin Supplementation in Animal Feeding; Mitigation Strategies to Overcome the Toxic Effects of Tannins on Animal Health: A Review]. *Journal of Agricultural Science*, 12(4), 217. Canadian Center of Science and Education. <https://doi.org/10.5539/jas.v12n4p217>
20. Zhu, X., Dou, X., Su, T., Ye, L., Zhang, L., Liu, H., & Han, D. (2025). Microbiomic and Metabolomic Insights into the Roles of Hydrolysable Versus Condensed Tannins on the Growth Performance, Nutrient Digestion, and Rumen Fermentation in Liaoning Cashmere Goats. *Microorganisms*, 13(4), 933. <https://doi.org/10.3390/microorganisms13040933>

21. Kelln, B., Penner, G. B., Acharya, S. N., McAllister, T. A., & Lardner, H. A. (2020). Impact of condensed tannin-containing legumes on ruminal fermentation, nutrition, and performance in ruminants: a review. *Canadian Journal of Animal Science*, 101(2), 210. <https://doi.org/10.1139/cjas-2020-0096>
22. Amad, A. A., & Zentek, J. (2023). The use of *Moringa oleifera* in ruminant feeding and its contribution to climate change mitigation. *Frontiers in Animal Science*, 4. <https://doi.org/10.3389/fanim.2023.1137562>
23. Rahman, M. A. A.-E., Mohamed, N. H., El-Nile, A. E., Kholif, A. E., Vargas-Bello-Pérez, E., Attia, M., & Sallam, S. M. A. (2024). Vegetative growth response and in vitro evaluation of three multipurpose fodder tree leaves and shrubs as potential feeds for farm animals. *Agroforestry Systems*, 98(8), 3019. <https://doi.org/10.1007/s10457-024-01071-x>
24. Du, Z., Yang, F., Fang, J., Yamasaki, S., Oya, T., Nguluve, D., Kumagai, H., & Cai, Y. (2023). Silage preparation and sustainable livestock production of natural woody plant [Review of Silage preparation and sustainable livestock production of natural woody plant]. *Frontiers in Plant Science*, 14. *Frontiers Media*. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1253178>
25. Duru, M. (2024). Yonca Silajlarına Defne (*Laurus nobilis* L.) Yaprağı Tozu İlavesinin Silaj Kalitesine ve In vitro Gaz Üretim Parametrelerine Etkisi. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 12(3), 412–417. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v12i3.412-417.6678>
26. Castro-Montoya, J. M., & Dickhoefer, U. (2020). The nutritional value of tropical legume forages fed to ruminants as affected by their growth habit and fed form: A systematic review. *Animal Feed Science and Technology*, 269, 114641. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114641>
27. Gaviley, O., Pan'kova, S., Poliakova, L., & Chorna, G. (2024). Assessment of phytochemical characteristics of walnut (*Juglans regia*) leaves: determination of nutritional value and quantitative content of phenolic compounds. *Research in Agricultural Sciences*. <https://doi.org/10.17097/agricultureatauni.1424918>
28. Choubey, M., Chaudhary, S. K., & Singh, A. (2024). Assessing the nutritional value of common tree leaves in eastern Uttar Pradesh for livestock feeding. *International Journal of Advanced Biochemistry Research*, 8, 1422. <https://doi.org/10.33545/26174693.2024.v8.i12sr.3366>
29. Emara, R., Alaa. (2025). Reproductive performance, digestibility, and rumen bacteria of goats fed two levels of phytogetic mixture. In *Figshare*. *Figshare* (United Kingdom). <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.c.8127858.v1>
30. Ahmed, M. G., Elwakeel, E. A., El-Zarkouny, S. Z., & Al-Sagheer, A. A. (2024). Environmental impact of phytobiotic additives on greenhouse gas emission reduction, rumen fermentation manipulation, and performance in ruminants: an updated review. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(26), 37943. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-33664-5>
31. Wanapat, M., Dagaew, G., Sommai, S., Matra, M., Suriyapha, C., Prachumchai, R., Muslykhah, U., & Phupaboon, S. (2024). The application of omics technologies for understanding tropical plants-based bioactive compounds in ruminants: a review [Review of The application of omics technologies for understanding tropical plants-based bioactive compounds in ruminants: a review]. *Journal of Animal Science and Biotechnology*/Journal of Animal Science and Biotechnology, 15(1). *BioMed Central*. <https://doi.org/10.1186/s40104-024-01017-4>
32. Zhang, X., Du, W., Xie, K., & Hou, F. (2026). *Lycium barbarum* Byproducts Modulate Rumen Fermentation, Enhance Digestive Enzyme Activity, and Improve Immune and Antioxidant Status in Grazing Sheep. *Food Science & Nutrition*, 14(2). <https://doi.org/10.1002/fsn3.71509>
33. Ekwemalor, K., Ekenya, I., Adjei-Fremah, S., Asiamah, E., Faulkner, P. E., & Yeboah, O.-A. (2024). Alternative to Antibiotics Used in Sheep Production. In *IntechOpen eBooks*. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.114992>
34. Göncü, M., & Kaya, H. (2024). Zeytin Yaprağının (*Folium Olivae*) Süt Sığırtı Toplam Rasyon Karışımlarında (TMR) Kuru Çayır Otu Yerine İkame Edilebilirliğinin In Vitro Gaz Üretim Tekniği ile Belirlenmesi. *DergiPark* (Istanbul University). <https://dergipark.org.tr/tr/pub/menba/issue/84417/1460050>
35. Khejornsart, P., Juntanam, T., Gunun, P., Gunun, N., & Cherdthong, A. (2024). Effect of High-Tannin and -Polyphenol Plant Material Supplement on Rumen Fermentation, Nitrogen

- Partitioning and Nutrient Utilization in Beef Cattle. *Animals*, 14(21), 3092. <https://doi.org/10.3390/ani14213092>
36. Poli, C. H. E. C., Tontini, J. F., Jacondino, L. R., Villalba, J. J., Muir, J. P., & Tedeschi, L. O. (2025). Plant tannin for grazing ruminant growth. *Animal Frontiers*, 15(3), 47. <https://doi.org/10.1093/af/vfaf026>
37. Mulaudzi, A., Mnisi, C. M., & Mlambo, V. (2022b). Enhancing the Utility of Dietary Moringa oleifera Leaf Meal for Sustainable Jumbo quail (*Coturnix* sp.) Production. *Sustainability*, 14(9), 5067. <https://doi.org/10.3390/su14095067>
38. Mulyono, A. M. W., Husein, M., Sukaryani, S., Yakin, E. A., Windyasmara, L., & Maruto, T. S. (2024). Changes in the nutritional value of lamtoro (*Leucaena leucosephala*) leaves
39. İpçak, H. H., Özüretmen, S., ALÇİÇEK, A., & Özelçam, H. (2017). Alternatif Protein Kaynaklarının Hayvan Beslemede Kullanım Olanakları. *Hayvansal Üretim*. <https://doi.org/10.29185/hayuretim.343285>
40. Valcl, N., & Lavrenčić, A. (2025). Effect of tannins and drying methods on in vitro dry matter and crude protein degradability and digestibility of soybean meal for ruminants. *Scientific Reports*, 15(1), 28612. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-14678-6>
41. Boğa, Y. E., Abdallah, N., Kurşun, K., & Baylan, M. (2024). Kanatlı Hayvan Rasyonlarında Moringa oleifera Kullanımı. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 12(5), 867. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v12i5.867-883.6230>
42. Iqbal, S. M., Rajput, N., Leghari, I. H., Rajput, M. N., & Ali, S. (2024). Effect Of Acacia Nilotica On The Growth Performance Of Broiler Chickens. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*. <https://doi.org/10.53555/sfs.v11i3.2260>
43. Mahamane, M., Amadou, I., Lawali, S., & Soulé, M. (2025). Exploring the benefits of Moringa oleifera Lam. its contribution in strengthening resilience in the Sahel: an explicative review. *Cogent Food & Agriculture*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2025.2544958>
44. Ogbuewu, I. P., & Mbajorgu, C. A. (2024). Enhancement of nutritional and functional qualities of tropical leaf meal as feed ingredients in chickens through the use of fermentation technology. *Tropical Animal Health and Production*, 56(8), 377. <https://doi.org/10.1007/s11250-024-04223-4>
45. Saeed, M., Hassan, F., Al-Khalafah, H., Islam, R., Kamboh, A. A., & Liu, G. (2025). Fermented banana feed and nanoparticles: a new eco-friendly, cost-effective potential green approach for poultry industry. *Poultry Science*, 104(7), 105171. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105171>
46. Kazemi, M. (2025). Recycling Agricultural Waste: Sustainable Solutions for Enhancing Livestock Nutrition. *Veterinary Medicine and Science*, 11(3). <https://doi.org/10.1002/vms3.70321>
47. Anim-Jnr, A. S., Ishaq, S., Sasu, P., Gyimah, S., Greathead, H., Bösch, C., Mabiki, F. P., & Emmambux, M. N. (2025). Valorising mango, cashew apple, and papaya by-products for sustainable small ruminant production in low-income food deficit countries—a review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1529837>
48. Kolobe, S. D., Manyelo, T. G., Ng`ambi, J. W., Malematja, E., Chitura, T., NEMAULUMA, M. F. D., Nawaz, S., Shoaib, M., & Arshad, H. J. (2022). THE POTENTIAL USE OF ACACIA LEAF MEAL AS PROTEIN FEED SOURCE FOR POULTRY DIETS: A REVIEW. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 6, 1491. <https://doi.org/10.36899/japs.2022.6.0557>
49. Quevedo-Cascante, M., Mogensen, L., Kongsted, A. G., & Knudsen, M. T. (2022). The environmental impacts of agroforestry in agri-food systems: a life cycle assessment approach. *Research Portal Denmark*, 127. <https://local.forskkningsportal.dk/local/dki-cgi/ws/cris-link?src=au&id=au-a39331b8-f7ac-4c33-afa6-9adaaa394172&ti=The%20environmental%20impacts%20of%20agroforestry%20in%20agri-food%20systems%3A%20a%20life%20cycle%20assessment%20approach>
50. Chaudhary, M., Shekh, M. A., Devalia, B. R., Darji, V. B., & Sherasiya, A. N. (2023). Effect of Feeding Moringa oleifera Replacing TMR on Nutrients Intake, Rumen Fermentation and Economics in Adult Cattle. *International Journal of Bio-Resource and Stress Management*, 14, 1518. <https://doi.org/10.23910/1.2023.4877a>

51. Akbağ, H. I. (2022). Silvopastoral Keçi Üretim Sistemleri için Önem Taşıyan Bazı Çalı ve Ağaç Yapraklarının Besin Madde Bileşimleri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9(4), 943. <https://doi.org/10.30910/turkjans.1136238>
52. Linares, E. B. C., Herrera, M. A. L., Izquierdo, A. V., & Hernández, J. O. (2021). Sistema silvopastoril de cosecha y acarreo como alternativa para la producción ovina sostenible en el trópico húmedo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(66). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i66.872>
53. Ripamonti, A., Finocchi, M., Pulina, A., Franca, A., Seddaiu, G., Turini, L., Mele, M., & Mantino, A. (2025). Effects of tree presence on forage yield and nutritive value in agroforestry livestock systems: a global systematic review. *Agroforestry Systems*, 99(5). <https://doi.org/10.1007/s10457-025-01214-8>
54. Silva, I. A. G. da, Dubeux, J. C. B., Souza, C. G. de, Ruiz-Moreno, M., Santos, M. V. F. dos, Apolinário, V. X. de O., Mello, A. C. L. de, Cunha, M. V. da, Muir, J. P., & Lira, M. A. (2024). Nutritive value and condensed tannins of tree legumes in silvopasture systems. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-68563-9>
55. Rodríguez-Tuz, J., Escobedo-Mex, J. G., Medina-Dzul, K., Piñeiro-Vázquez, Á. T., Casanova-Lugo, F., Escobedo-Cruz, M., & Escobedo-Cabrera, A. (2025). Rendimiento de biomasa y composición química de *Morus alba* L. a diferentes intervalos de cosecha y alturas de corte en el sur de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 28(3). <https://doi.org/10.56369/tsaes.5810>
56. Vandermeulen, S., Ramírez-Restrepo, C. A., Beckers, Y., Claessens, H., & Bindelle, J. (2018). Agroforestry for ruminants: a review of trees and shrubs as fodder in silvopastoral temperate and tropical production systems [Review of Agroforestry for ruminants: a review of trees and shrubs as fodder in silvopastoral temperate and tropical production systems]. *Animal Production Science*, 58(5), 767. CSIRO Publishing. <https://doi.org/10.1071/an16434>
57. Narváez-Herrera, J. P., Angulo-Arizala, J., Hernández, W. A. B., & Mahecha-Ledesma, L. (2023). Arbustivas y arbóreas del piedemonte amazónico colombiano: potencial nutricional y ambiental en sistemas ganaderos. *Agronomía Mesoamericana*, 52442. <https://doi.org/10.15517/am.2023.52442>
58. BAŞER, A., & Kamalak, A. (2020). Türkiye'nin Akdeniz bölgesinde yetişen bazı baklagil ağaç yapraklarının yem değerleri ve in vitro fermentasyon özellikleri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(4), 940. <https://doi.org/10.30910/turkjans.734767>
59. GÜLTEKİN, Y., Tolunay, A., & ÖZMİŞ, M. (2019). A VIEW ON ANIMAL GRAZING IN FOREST RESOURCES: A SAMPLE OF UŞAK PROVINCE IN TURKEY. *TURKISH JOURNAL OF FOREST SCIENCE*, 3(2), 100. <https://doi.org/10.32328/turkjforsci.558376>
60. Denek, N., Avcı, M., Can, A., DAŞ, B. D., Aydın, S. S., & Savrunlu, M. (2014). Kimi Kaba Yemlerde Farklı Bitki Yapraklarının İn Vitro Metan Üretimi Üzerine Etkisi. *DergiPark (Istanbul University)*. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/huvfd/issue/29578/317297>
61. Hassan, F., Arshad, M., Ebeid, H. M., Rehman, M. S., Khan, M. S., Shahid, S., & Yang, C. (2020). Phytogetic Additives Can Modulate Rumen Microbiome to Mediate Fermentation Kinetics and Methanogenesis Through Exploiting Diet-Microbe Interaction. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 575801. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.575801>
62. Oruç, A. F., & Avcı, M. (2018). The Effect of Willow Tree (*Salix Alba*) Leafs Added at Different Levels to Some Roughages on In Vitro Digestibility and Methane Production. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 7(1), 60. <https://doi.org/10.31196/huvfd.470754>
63. Molina-Botero, I. C., Villegas, D., Montoya, A. J. A., Mazabel, J., Bastidas, M., Ruden, A., Gaviria, H., Peláez, J. D., Chará, J., Restrepo, E. M., Moorby, J. M., & Arango, J. (2024). Effect of a silvopastoral system with *Leucaena diversifolia* on enteric methane emissions, animal performance, and meat fatty acid profile of beef steers. *Agroforestry Systems*, 98(7), 1967–1984. <https://doi.org/10.1007/s10457-024-01046-y>

ENDÜSTRİYEL YAN ÜRÜNLERİNİN HAYVAN BESLEMEDE ALTERNATİF VE FONKSİYONEL YEM KAYNAĞI OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Abdulkadir ERİŞEK¹

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun 2050 yılına kadar yaklaşık 9,7-10,0 milyara ulaşması beklenmekte bu demografik büyüme, hayvansal kaynaklı gıdalara yönelik talebi de önemli ölçüde artırmaktadır (1). Hayvancılık sektörü et, süt, yumurta ve su ürünleri başta olmak üzere insan beslenmesine katkı sağladığı gibi, tarım toprakları, su kaynakları ve biyoçeşitlilik gibi doğal varlıklar üzerinde de belirleyici bir baskı oluşturmaktadır (2). Bu baskının en kritik boyutlarından birini yem maliyetleri teşkil etmektedir. Toplam üretim giderlerinin %60-70'ini oluşturan yem masrafları, işletme kârlılığı üzerinde doğrudan belirleyici bir etki yaratmaktadır. Soya fasulyesi, mısır ve buğday gibi geleneksel yem hammaddelerindeki fiyat dalgalanmaları ve arz kısıtları, sektörü alternatif kaynak arayışına yönelten yapısal bir baskı unsuru olmaya devam etmektedir.

Gıda, tarım, biyoyakıt ve çeşitli imalat sanayilerinde ana üretim süreçlerinin kaçınılmaz bir sonucu olarak her yıl büyük miktarlarda yan ürün ve atık açığa çıkmaktadır. FAO verilerine göre küresel ölçekte üretilen gıdanın yaklaşık üçte biri, hasat sonrası aşamadan tüketime uzanan zincirin çeşitli noktalarında kayıp ya da atığa dönüşmektedir (3). Tahıl işleme, yağlı tohum endüstrisi, meyve-sebze işleme yan ürünleri, bira sanayi, şeker fabrikası atıkları, mezbaha atıkları ve su ürünleri sanayi bu bağlamda en önemli yan ürün kaynaklarını oluşturmaktadır. Söz konusu materyaller ham protein, çözünebilir ve çözünmez lif, yağ asitleri ve çeşitli mikro besinler açısından önemli düzeylerde değer taşımakta olup depolama ve taşıma koşulları uygun olduğunda hayvanların besin gereksinimlerini karşılamaya yönelik katkı sağlayabilmektedir (4). Endüstriyel yan ürünlerin hayvan beslemesinde değerlendirilmesi yalnızca ekonomik bir hesap meselesi değildir aynı zamanda

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, abdulkadir.erisek@gop.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-4724-0031

8. KAYNAKLAR

1. FAO. (2023). FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. 2023. The State of Food Security and Nutrition in the World 2023. Urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural–urban continuum. Rome, FAO.
2. Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., & de Haan, C. (2006). Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
3. Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., van Otterdijk, R., & Meybeck, A. (2011). Global Food Losses and Food Waste: Extent, Causes and Prevention. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
4. Makkar, H. P. S. (2018). Feed demand landscape and implications of food-not feed strategy for food security and climate change. *Animal*, 12(8), 1744-1754.
5. Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., & Tempio, G. (2013). Tackling Climate Change Through Livestock: A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
6. Avrupa Konseyi. (2009). Yönetmelik (AT) No 767/2009 — Yemin Piyasaya Sürülmesi ve Kullanımı Hakkında. Avrupa Birliği Resmi Gazetesi, L 229, 1-28. [Regulation (EC) No 767/2009 of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009 on the placing on the market and use of feed. OJ L 229, 1.9.2009, pp. 1-28.]
7. McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A., & Wilkinson, R. G. (2011). *Animal Nutrition* (7. baskı). Pearson.
8. Bach Knudsen, K. E. (1997). Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. *Animal Feed Science and Technology*, 67(4), 319-338. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(97\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(97)00009-6)
9. NRC (National Research Council). (1994). *Nutrient Requirements of Poultry* (9. baskı). National Academies Press.
10. Molina-Alcaide, E., & Yáñez-Ruiz, D. R. (2008). Potential use of olive by-products in ruminant feeding: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 147(1-3), 247-264. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2007.09.021>
11. Bampidis, V. A., & Robinson, P. H. (2006). Citrus by-products as ruminant feeds: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 128(3-4), 175-217. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2005.12.002>
12. Mussatto, S. I., Dragone, G., & Roberto, I. C. (2006). Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications. *Journal of Cereal Science*, 43(1), 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.06.001>
13. Jayathilakan, K., Sultana, K., Radhakrishna, K., & Bawa, A. S. (2012). Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 49(3), 278-293. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0290-7>
14. NRC (National Research Council). (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle* (7. baskı). National Academies Press.
15. Hardy, R. W. (2010). Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. *Aquaculture Research*, 41(5), 770-776. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02349.x>
16. Liu, K. (2011). Chemical composition of distillers grains, a review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(5), 1508-1526. <https://doi.org/10.1021/jf103512z>
17. Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Remesy, C., & Jimenez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79(5), 727-747. <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.5.727>

18. Scalbert, A., & Williamson, G. (2000). Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *Journal of Nutrition*, 130(8S), 2073S-2085S. <https://doi.org/10.1093/jn/130.8.2073S>
19. Gibson, G. R., & Roberfroid, M. B. (1995). Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *Journal of Nutrition*, 125(6), 1401-1412. <https://doi.org/10.1093/jn/125.6.1401>
20. Roberfroid, M. (2007). Prebiotics: the concept revisited. *Journal of Nutrition*, 137(3 Suppl 2), 830S-837S. <https://doi.org/10.1093/jn/137.3.830S>
21. Windisch, W., Schedle, K., Plitzner, C., & Kroismayr, A. (2008). Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of Animal Science*, 86(14 Suppl), E140-E148. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0459>
22. Brenes, A., & Roura, E. (2010). Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action. *Animal Feed Science and Technology*, 158(1-2), 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.03.007>
23. Calder, P. C. (2012). Omega-3 polyunsaturated fatty acids and inflammatory processes: nutrition or pharmacology? *British Journal of Clinical Pharmacology*, 75(3), 645-662. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2125.2012.04374.x>
24. NRC — National Research Council. (2011). *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. National Academies Press.
25. Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant* (2. baskı). Cornell University Press.
26. Bedford, M. R., & Partridge, G. G. (Eds.). (2001). *Enzymes in Farm Animal Nutrition*. CAB International.
27. TÜİK — Türkiye İstatistik Kurumu. (2025). *Yem Sanayi İstatistikleri*. <https://www.tuik.gov.tr> [02.04.2026]
28. Avrupa Parlamentosu ve Konseyi. (2009a). Yönetmelik (AT) No 767/2009 — Yemin piyasaya sürülmesi ve kullanımı hakkında. Avrupa Birliği Resmi Gazetesi, L 229, 1-28.
29. Avrupa Parlamentosu ve Konseyi. (2009b). Yönetmelik (AT) No 1069/2009 — İnsan tüketimine sunulmayan hayvansal yan ürünlere ilişkin sağlık kuralları. Avrupa Birliği Resmi Gazetesi, L 300, 1-33.
30. T.C. Resmî Gazete. (2010). 5996 sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu. Resmi Gazete, Sayı: 27676, 13 Haziran 2010, Ankara.

TIBBİ VE AROMATİK BİTKİLERİN HAYVAN BESLEMEDE FONKSİYONEL ROLÜ: BİYOAKTİF BİLEŞİKLER, SİNDİRİM VE METABOLİK ETKİLER

Cennet YAMAN¹
Ceyhan YÜCEL²

1. GİRİŞ

Hayvansal üretimde verimlilik ve sürdürülebilirlik gereksiniminin artması, yem katkı maddelerini modern hayvan besleme uygulamalarının temel bileşenlerinden biri hâline getirmiştir. Özellikle ruminant yetiştiriciliğinde bu katkılar; yemden yararlanmanın artırılması, rumen fermentasyonunun düzenlenmesi, hayvan sağlığının desteklenmesi ve ürün kalitesinin iyileştirilmesinde önemli rol oynamaktadır (1, 2). Tüketicilerin doğal ve güvenilir hayvansal ürünlere yönelik artan talebi ile antibiyotik büyütme faktörlerinin kullanımına getirilen kısıtlamalar, doğal kaynaklı yem katkılarına olan ilgiyi önemli derecede artırdığı bildirilmiştir (1, 3).

Bu kapsamda, probiyotik, prebiyotik, enzim ve organik asitlerin yanı sıra fitojenik yem katkıları (fitobiyotikler) ekonomik ve sürdürülebilir hayvancılık için öne çıkan alternatifler arasında yer almaktadır. Bitkisel kaynaklı ekstraktlar ve bu bitkilerin biyoaktif bileşiklerden oluşan bu katkılar, hayvanlarda yemden yararlanmayı ve üretim performansını iyileştirmesiyle birlikte direnç gelişim riskinin düşük olmasına bağlı olarak önemli derecede dikkat çekmektedir (4, 5).

Tıbbi ve aromatik bitkiler, fitojenik yem katkılarının en önemli kaynaklarını oluşturmaktadır. Kekik, adaçayı, biberiye, nane, rezene, sarımsak, çörek otu ve zencefil gibi bitkiler; fenolik bileşikler, flavonoidler, tanenler, saponinler, terpenoidler ve uçucu yağlar bakımından zengindir. Bu biyoaktif bileşikler antimikrobiyal, antioksidan, sindirimi dü-

¹ Doç. Dr., Yozgat Bozok Üniversitesi, Zootečni Bölümü, cennet.yaman@yobu.edu.tr,
ORCID iD: 0000-0002-2364-8171

² Dr. Öğr. Üyesi, Yozgat Bozok Üniversitesi, Zootečni Bölümü, ceyhan.yucel@yobu.edu.tr,
ORCID iD: 0000-0002-1978-9051

7. SONUÇ

Hayvan beslemede tıbbi ve aromatik bitkiler; taze veya kurutulmuş bitki materyali, öğütülmüş bitki tozları, ekstraktlar, uçucu yağlar, oleorezinler ve kombine preparatlar şeklinde bitkisel kökenli yem katkı maddeleri olarak kullanılmaktadır. Bu bitkilerden elde edilen biyoaktif bileşikler; enerji, protein ve lipid metabolizmasının düzenlenmesi, rumen fermantasyonunun optimize edilmesi, bağırsak sağlığının desteklenmesi, oksidatif stres ve inflamasyonun azaltılması gibi çok yönlü biyolojik etkileri sayesinde hayvan performansının, ürün kalitesinin ve çevresel sürdürülebilirliğin iyileştirilmesine katkı sağlayabilecek kapasiteye sahiptir. Bununla birlikte, bildirilen etkilerin büyüklüğü bitki türü, fitokimyasal kompozisyon, ekstraksiyon yöntemi, uygulama dozu, rasyon bileşimi ve hayvanın fizyolojik durumu gibi birçok faktöre bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle, tıbbi ve aromatik bitkilerin hayvan beslemedeki kullanımının yaygınlaşabilmesi; aktif bileşiklerin standardizasyonu, moleküler etki mekanizmalarının daha ayrıntılı olarak açıklığa kavuşturulması ve farklı üretim koşullarında yürütülecek uzun dönemli çalışmalarla etkinlik ve güvenilirliklerinin bilimsel olarak değerlendirilmesine bağlıdır. Bu doğrultuda elde edilecek bilimsel kanıtlar, bitkisel kökenli yem katkı maddelerinin sürdürülebilir hayvansal üretim sistemlerine güvenilir ve etkin biçimde entegre edilebilmesine önemli katkılar sunacaktır.

8. KAYNAKLAR

1. Wang, J., Deng, L., Chen, M., Che, Y., Li, L., Zhu, L., ... & Feng, T. (2024). Phytogetic feed additives as natural antibiotic alternatives in animal health and production: A review of the literature of the last decade. *Animal Nutrition*, 17, 244-264. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2024.01.012>
2. Hussein, S. N., & Azeez, A. K. (2025). Phytogetic Feed Additives in Ruminant Nutrition: Rumen Modulation, Performance, and Sustainability—A Review. *Tikrit Journal of Veterinary Science*, 4(2), 55-66.
3. Windisch, W., Schedle, K., Plitzner, C., & Kroismayr, A. (2008). Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of animal science*, 86(suppl_14), E140-E148. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0459>
4. Yang, C., Chowdhury, M. K., Hou, Y., & Gong, J. (2015). Phytogetic compounds as alternatives to in-feed antibiotics: potentials and challenges in application. *Pathogens*, 4(1), 137-156. <https://doi.org/10.3390/pathogens4010137>
5. Salman, M. D., Rao, S., Akbar, A., Bahadur, S. U. K., Heilmann, M., & Song, J. (2026). Alternatives to Antibiotic Growth Promoters in Livestock: A Scoping Review. *Agriculture*, 16(5), 559. <https://doi.org/10.3390/agriculture16050559>
6. Ahmed, M. G., Elwakeel, E. A., El-Zarkouny, S. Z., & Al-Sagheer, A. A. (2024). Environmental impact of phytogetic additives on greenhouse gas emission reduction, rumen fermentation manipulation, and performance in ruminants: an updated review. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(26), 37943-37962. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-33664-5>
7. Pressman, E. M., & Kebreab, E. (2024). A review of key microbial and nutritional elements for mechanistic modeling of rumen fermentation in cattle under methane-inhibition. *Frontiers in*

- Microbiology*, 15, 1488370. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1488370>
8. Contò, M., Castrica, M., Rinaldi, S., & Failla, S. (2026). Natural bioactive compounds as feed additives: Strategies for sustainable and functional livestock production. *Applied Sciences*, 16(5), 2344.
 9. Biswas, S., Ahn, J. M., & Kim, I. H. (2024). Assessing the potential of phytogetic feed additives: A comprehensive review on their effectiveness as a potent dietary enhancement for nonruminant in swine and poultry. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 108(3), 711-723. <https://doi.org/10.1111/jpn.13922>
 10. Urban, J., Kareem, K. Y., Matuszewski, A., Bień, D., Ciborowska, P., Lutostański, K., & Michalczuk, M. (2025). Enhancing broiler chicken health and performance: the impact of phytochemicals on growth, gut microbiota, antioxidants, and immunity. *Phytochemistry Reviews*, 24(2), 2131-2145. <https://doi.org/10.1007/s11101-024-09970-5>
 11. Zhang, J., Shu, Z., Lv, S., Zhou, Q., Huang, Y., Peng, Y., ... & Lan, S. (2023). Fermented chinese herbs improve the growth and immunity of growing pigs through regulating colon microbiota and metabolites. *Animals*, 13(24), 3867. <https://doi.org/10.3390/ani13243867>
 12. Li, X., Wang, Y., Ma, X., Li, M., Kong, D., Phavady, P., ... & Abdelkader, T. K. (2024). Chinese medicinal materials' drying technologies advancements–Principles, energy performance, and influence on the bioactive components. *Drying Technology*, 42(12), 1815-1845. <https://doi.org/10.1080/07373937.2024.2394125>
 13. Banday, M. T., Wani, M. A., Alqhtani, H. A., Bin-Jumah, M., Rudayni, H. A., Allam, A. A., ... & Adil, S. (2024). Malva sylvestris leaf powder as a feed additive affects the performance, carcass traits, meat quality attributes, serum antioxidants, stress physiology, intestinal bacterial counts, and gut morphology of broiler chicken. *Frontiers in physiology*, 15, 1462018. <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1462018>
 14. Nastoh, N. A., Waqas, M., Çınar, A. A., & Salman, M. (2024). The impact of phytogetic feed additives on ruminant production: A review. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 33(4), 431-453.
 15. Urban, J., Bień, D., Matuszewski, A., Ciborowska, P., Zalewska, A., Lutostański, K., ... & Michalczuk, M. (2023). Fitobiotyki–naturalne dodatki poprawiające zdrowotność. *Hodowca Drobiu*, 4, 20-23-<https://doi.org/10.1007/s11101-024-09970-5>
 16. Ramdani, D., Yuniarti, E., Jayanegara, A., & Chaudhry, A. S. (2023). Roles of essential oils, polyphenols, and saponins of medicinal plants as natural additives and anthelmintics in ruminant diets: A systematic review. *Animals*, 13(4), 767. <https://doi.org/10.3390/ani13040767>
 17. Kant, R., & Kumar, A. (2022). Review on essential oil extraction from aromatic and medicinal plants: Techniques, performance and economic analysis. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 30, 100829. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100829>
 18. Wells, C. W. (2024). Effects of essential oils on economically important characteristics of ruminant species: A comprehensive review. *Animal Nutrition*, 16, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2023.10.001>
 19. Nehme, R., Andrés, S., Pereira, R. B., Ben Jemaa, M., Bouhallab, S., Cecilian, F., ... & Abdennebi-Najar, L. (2021). Essential oils in livestock: From health to food quality. *Antioxidants*, 10(2), 330. <https://doi.org/10.3390/antiox10020330>
 20. Elcoso, G., Zweifel, B., & Bach, A. (2019). Effects of a blend of essential oils on milk yield and feed efficiency of lactating dairy cows. *Applied Animal Science*, 35(3), 304-311. <https://doi.org/10.15232/aas.2018-01817>
 21. Yilmaz, E., & Gul, M. (2024). Effects of essential oils on heat-stressed poultry: A review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 108(5), 1481-1497. <https://doi.org/10.1111/jpn.13985>
 22. Huang, J., Xu, T., Guo, F., Bi, R., Lu, H., Li, P., ... & Wang, Z. (2025). Effects of drinking water supplemented with essential oils and organic acids mixtures on growth performance and in-

- testinal health of broilers challenged with necrotic enteritis. *Poultry Science*, 104(2), 104712. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104712>
23. Chen, L., Li, X., Wang, Y., Guo, Z., Wang, G., & Zhang, Y. (2023). The performance of plant essential oils against lactic acid bacteria and adverse microorganisms in silage production. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1285722. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1285722>
24. Sánchez-Guerra, N. A., Gonzalez-Ronquillo, M., Anderson, R. C., Hume, M. E., Ruiz-Albarán, M., Bautista-Martínez, Y., ... & Salinas-Chavira, J. (2024). Improvements in fermentation and nutritive quality of elephant grass [*Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone] silages: a review. *Tropical Animal Health and Production*, 56(5), 171. <https://doi.org/10.1007/s11250-024-04038-1>
25. Mueller-Harvey I., Bee G., Dohme-Meier F., Hoste H., Karonen M., Kolliker R. and Waghorn G.C. (2019). Benefits of condensed tannins in forage legumes fed to ruminants: importance of structure, concentration and diet composition. *Crop Science* 59, 861–885. <https://doi.org/10.2135/cropsci2017.06.0369>
26. Martin C., Niderkorn V., Maxin G., Guyader J., Eugene M. and Morgavi D.P. (2021). The use of plant bioactive compounds to reduce greenhouse gas emissions from farmed ruminants. In: *Reducing greenhouse gas emissions from livestock production*. Burleigh Dodds, Cambridge, pp. 231–260. (ISBN: 978-1786769843)
27. MacAdam, J. W., Villalba, J. J., Lagrange, S., Stewart, E. K., Pitcher, L. R., Slebodnik, K. A., ... & Hunt, S. R. (2025). In Vivo Reductions in Methane and Urinary Nitrogen by Perennial Non-Bloating Temperate Legume and Forb Functional Forages Produced in the Mountain West United States. *Grass and Forage Science*, 80(2), e12719. <https://doi.org/10.1111/gfs.12719>
28. Mangwe, M. C., Bryant, R. H., Olszewski, A., Herath, H. M. G. P., & Al-Marashdeh, O. (2024). Can the Inclusion of Forage Chicory in the Diet of Lactating Dairy Cattle Alter Milk Production and Milk Fatty Acid Composition? Findings of a Multilevel Meta-Analysis. *Animals*, 14(7), 1002. <https://doi.org/10.3390/ani14071002>
29. Niderkorn, V., & Jayanegara, A. (2025, August). Harnessing bioactive-rich forage species in multi-species grasslands: where do we stand? Challenges and future perspectives. In *EGF Symposium 2025-Proceedings* (pp. 281-288). Wageningen Academic. <https://doi.org/10.3920/978-90-8686-345-0>
30. Garavand, F., Rahaei, S., Vahedikia, N., & Jafari, S. M. (2019). Different techniques for extraction and micro/nanoencapsulation of saffron bioactive ingredients. *Trends in Food Science & Technology*, 89, 26-44. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.006>
31. Ban, C., Jo, M., Park, Y. H., Kim, J. H., Han, J. Y., Lee, K. W., ... & Choi, Y. J. (2020). Enhancing the oral bioavailability of curcumin using solid lipid nanoparticles. *Food chemistry*, 302, 125328. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125328>
32. Muslykhah, U., Phupaboon, S., Sommai, S., Suriyapha, C., & Wanapat, M. (2026). Encapsulation of essential oils from tropical plants as a strategy to mitigate methane emissions and improve nutritional status of ruminants: A review. *Animal Nutrition*.
33. Botia Carreño, E. O., Elghandour, M. M. M. Y., De Palo, P., Maggolino, A., De Angelis, M., & Salem, A. Z. M. Z. (2026). Nano/microencapsulation of feed additives for ruminal microbiome modulation and enteric methane mitigation in ruminants: a critical review. *Frontiers in Veterinary Science*, 13, 1798669. <https://doi.org/10.3389/fvets.2026.1798669>
34. Syed, B., Kesslering, J., Sánchez, J., & Gracia, M. (2021). Growth performance and nutrient digestibility in broiler chickens fed with an encapsulated blend of a phyto-genic feed additive. *Journal of World's Poultry Research*, 11(3), 278-285. <https://doi.org/10.36380/jwpr.2021.32>
35. Kholif, A. E., Olafadehan, O. A., Kholif, A. M., Ghavipanje, N., Vargas-Bello-Pérez, E., & Anele, U. Y. (2025). The role of encapsulated essential oils in reducing methane production from ruminant animals—a review. *Annals of Animal Science*, 26(2), 467-486. <https://doi.org/10.2478/aoas-2025-0054>

36. Fathi, M., Saeedian, S., & Darvishi, F. (2025). Impact of curcumin nanoparticles supplementation on antioxidant status, growth performance, immune function, gut microbiota, and hemato-biochemical parameters in heat-stressed broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, 24(1), 2109-2118. <https://doi.org/10.1080/1828051x.2025.2109218>
37. Rossi, B., Toschi, A., Piva, A., & Grilli, E. (2020). Single components of botanicals and natu-re-identical compounds as a non-antibiotic strategy to ameliorate health status and impro-ve performance in poultry and pigs. *Nutrition Research Reviews*, 33(2), 218-234. <https://doi.org/10.1017/S0954422420000071>
38. Elshafie, H. S., Camele, I., & Mohamed, A. A. (2023). A comprehensive review on the biologi-cal, agricultural and pharmaceutical properties of secondary metabolites based-plant origin. *International journal of molecular sciences*, 24(4), 3266. <https://doi.org/10.3390/ijms24043266>
39. Saini, N., Anmol, A., Kumar, S., Wani, A. W., Bakshi, M., & Dhiman, Z. (2024). Exploring phe-nolic compounds as natural stress alleviators in plants-a comprehensive review. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 133, 102383. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2024.102383>
40. Smeriglio, A., Barreca, D., Bellocco, E., & Trombetta, D. (2017). Proanthocyanidins and hyd-rolysable tannins: occurrence, dietary intake and pharmacological effects. *British journal of pharmacology*, 174(11), 1244-1262. <https://doi.org/10.1111/bph.13625>
41. Grigore-Gurgu, L., Dumitraşcu, L., & Aprodu, I. (2025). Aromatic herbs as a source of bioactive compounds: An overview of their antioxidant capacity, antimicrobial activity, and major appli-cations. *Molecules*, 30(6), 1304. <https://doi.org/10.3390/molecules30061304>
42. Olas, B. (2024). An overview of the versatility of the parts of the globe artichoke (*Cyna-ra scolymus* L.), its by-products and dietary supplements. *Nutrients*, 16(5), 599. <https://doi.org/10.3390/nu16050599>
43. Pichersky, E., & Raguso, R. A. (2018). Why do plants produce so many terpenoid compounds?. *New Phytologist*, 220(3), 692-702. <https://doi.org/10.1111/nph.14178>
44. Alagawany, M., Abd El-Hack, M. E., Farag, M. R., Shaheen, H. M., Abdel-Latif, M. A., Noreldin, A. E., & Khafaga, A. F. (2020). The applications of *Origanum vulgare* and its derivatives in hu-man, ruminant and fish nutrition—a review. *Annals of Animal Science*, 20(2), 389-407. <https://doi.org/10.2478/aoas-2020-0004>
45. Cui, H., Zhang, C., Su, K., Fan, T., Chen, L., Yang, Z., ... & Liu, J. (2024). Oregano essential oil in livestock and veterinary medicine. *Animals*, 14(11), 1532. <https://doi.org/10.3390/ani14111532>
46. Bernard, B., Joshi, H., & Fan, P. (2025). Menthol in livestock: unveiling its multifaceted proper-ties and future potential for sustainable agriculture. *International Journal of Molecular Scien-ces*, 26(6), 2679. <https://doi.org/10.3390/ijms26062679>
47. Pachura-Hanusek, N., Banaszkievicz, S., Lewandowska, K., Burek, A., Szumny, A., Tabiś, A., ... & Kupczyński, R. (2026). From Composition to Function: Lime Essential Oil (*Citrus auranti-fovia*) and (R)-(+)-Limonene and Their Impact on Rumen Microbiota, Fermentation, Methane Emission and Blood Metabolic Parameters in Dairy Cows. *Molecules*, 31(14), 2403. <https://doi.org/10.3390/molecules31142403>
48. Zepeda, C., López, J., Figueroa, C., Low, C., & Olivares-Cantillano, G. (2026). *Humulus lupul-us* L. in Animal Nutrition: Phytochemical Profile, Bioactive Properties, and Applications as a Functional Feed Additive—A Comprehensive Review. *Plants*, 15(11), 1697. <https://doi.org/10.3390/plants15111697>
49. Dhifi, W., Bellili, S., Jazi, S., Bahloul, N., & Mnif, W. (2016). Essential oils' chemical characte-rization and investigation of some biological activities: A critical review. *Medicines*, 3(4), 25. <https://doi.org/10.3390/medicines3040025>
50. Caroprese, M., Ciliberti, M. G., Marino, R., Santillo, A., Sevi, A., & Albenzio, M. (2023). Es-sential oil supplementation in small ruminants: A review on their possible role in rumen fer-mentation, microbiota, and animal production. *Dairy*, 4(3), 497-508. <https://doi.org/10.3390/dairy4030033>

51. Oni, A. I., & Oke, O. E. (2025). Gut health modulation through phytochemicals in poultry: mechanisms, benefits, and applications. *Frontiers in Veterinary Science*, 12, 1616734. <https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1616734>
52. Alem, W. T. (2024). Effect of herbal extracts in animal nutrition as feed additives. *Heliyon*, 10(3). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24973>
53. Ntongota, Z., Ikusika, O., & Jaja, I. F. (2025). The role of phytochemical feed additives in growth and immune response in livestock production: a global systematic review. *Frontiers in Animal Science*, 6, 1703112. <https://doi.org/10.3389/fanim.2025.1703112>
54. Alwaleed, S., Mickdam, E., Fekry, E., Sadek, M., Maher, Z., & Ahmed, A. (2026). Impact of dietary sanguinarine supplementation on performance, immune response, meat quality and intestinal morphology in broilers challenged with lipopolysaccharide. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, (Advanced Online Publication). <https://doi.org/10.33988/auvfd.1604348>
55. Rundle, C. M., Artuso-Ponte, V., & Stein, H. H. (2023). Effects of isoquinoline alkaloids on apparent ileal digestibility of amino acids, crude protein, starch, and acid hydrolyzed ether extract and apparent total tract digestibility of energy and crude protein by growing and finishing pigs fed corn-soybean meal diets. *Animal Feed Science and Technology*, 299, 115623. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115623>
56. Jia, P., Tu, Y., Liu, Z., Li, F., Yan, T., Ma, S., ... & Diao, Q. (2022). Diets supplementation with *Bacillus subtilis* and *Macleaya cordata* extract improve production performance and the metabolism of energy and nitrogen, while reduce enteric methane emissions in dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 294, 115481. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115481>
57. Du, J., Wang, Y., Su, S., Wang, W., Guo, T., Hu, Y., ... & Xu, X. (2025). Supplementation with complex phytonutrients enhances rumen barrier function and growth performance of lambs by regulating rumen microbiome and metabolome. *Animals*, 15(2), 228. <https://doi.org/10.3390/ani15020228>
58. Chaudhri, S. K., & Jain, S. (2023). A systematic review of piperine as a bioavailability enhancer. *Journal of Drug Delivery & Therapeutics*, 13(4). <https://doi.org/10.22270/jddt.v13i4.6042>
59. Cabrita, A. R., Valente, I. M., Monteiro, A., Sousa, C., Miranda, C., Almeida, A., ... & Fonseca, A. J. (2024). Environmental conditions affect the nutritive value and alkaloid profiles of *Lupinus* forage: Opportunities and threats for sustainable ruminant systems. *Heliyon*, 10(7). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28389>
60. Klotz, J. L., & Nicol, A. M. (2016). Ergovaline, an endophytic alkaloid. 1. Animal physiology and metabolism. *Animal Production Science*, 56(11), 1761-1774. <https://doi.org/10.1071/AN14962>
61. Keuter, L., Wolbeck, A., Kasimir, M., Schürmann, L., Behrens, M., & Humpf, H. U. (2024). Structural impact of steroidal glycoalkaloids: barrier integrity, permeability, metabolism, and uptake in intestinal cells. *Molecular Nutrition & Food Research*, 68(6), 2300639. <https://doi.org/10.1002/mnfr.202300639>
62. Newbold, C. J., & Ramos-Morales, E. (2020). Ruminant microbiome and microbial metabolome: effects of diet and ruminant host. *Animal*, 14(S1), s78-s86. <https://doi.org/10.1017/s1751731119003252>
63. Insawake, K., Songserm, T., Songserm, O., Theapparat, Y., Adeyemi, K. D., Rassmidatta, K., & Ruangpanit, Y. (2024). Flavonoids, isoquinoline alkaloids, and their combinations affect growth performance, inflammatory status, and gut microbiome of broilers under high stocking density and heat stress. *Animals*, 15(1), 71. <https://doi.org/10.3390/ani15010071>
64. Mossie, T., & Yirdaw, B. (2023). Documentation of major poisonous plants and their toxic effects on livestock: A review. *Am. J. Biosci. Bioeng*, 11, 47-55.
65. Germán-Soto, B. G., Heredia, J. B., Leyva-López, N., Gutiérrez-Grijalva, E. P., García-Carrasco, M., Bastidas-Bastidas, P. D. J., & Contreras-Angulo, L. A. (2024). Bioaccessibility and Antioxidant Capacity of Alkaloids From Microencapsulated Extract of Eggplant (*Solanum melongena*)

- L.) Biomass. Horticulturae, 10(12), 1242. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10121242>
66. Piao, M., Tu, Y., Zhang, N., Diao, Q., & Bi, Y. (2023). Advances in the application of phytogetic extracts as antioxidants and their potential mechanisms in ruminants. *Antioxidants*, 12(4), 879. <https://doi.org/10.3390/antiox12040879>
67. Bešlo, D., Golubić, N., Rastija, V., Agić, D., Karnaš, M., Šubarić, D., & Lučić, B. (2023). Antioxidant activity, metabolism, and bioavailability of polyphenols in the diet of animals. *Antioxidants*, 12(6), 1141. <https://doi.org/10.3390/antiox12061141>
68. Abiko, Y., Toriba, A., & Kumagai, Y. (2023). Phytochemicals to regulate oxidative and electrophilic stress through Nrf2 activation. *Redox Experimental Medicine*, 2023(1). <https://doi.org/10.1530/REM-23-0001>
69. Qin, S., & Hou, D. X. (2017). The biofunctions of phytochemicals and their applications in farm animals: The Nrf2/Keap1 system as a target. *Engineering*, 3(5), 738-752. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2017.03.004>
70. Basiouni, S., Tellez-Isaias, G., Latorre, J. D., Graham, B. D., Petrone-Garcia, V. M., El-Seedi, H. R., ... & Shehata, A. A. (2023). Anti-inflammatory and antioxidative phytogetic substances against secret killers in poultry: current status and prospects. *Veterinary sciences*, 10(1), 55. <https://doi.org/10.3390/vetsci10010055>
71. Du, M., Liu, X., Ji, X., Wang, Y., Liu, X., Zhao, C., ... & Zhang, F. (2025). Berberine alleviates enterotoxigenic *Escherichia coli*-induced intestinal mucosal barrier function damage in a piglet model by modulation of the intestinal microbiome. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1494348. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1494348>
72. Luebke, K. M., Stalker, L. A., Klopfenstein, T. J., & Funston, R. N. (2019). Influence of weaning date and late gestation supplementation on beef system productivity I: animal performance. *Translational Animal Science*, 3(4), 1492-1501. <https://doi.org/10.1093/tas/txz116>
73. Lillehoj, H., Liu, Y., Calsamiglia, S., Fernandez-Miyakawa, M. E., Chi, F., Cravens, R. L., ... & Gay, C. G. (2018). Phytochemicals as antibiotic alternatives to promote growth and enhance host health. *Veterinary research*, 49(1), 76. <https://doi.org/10.1186/s13567-018-0562-6>
74. Lobiuc, A., Pavăl, N. E., Mangalagiu, I. I., Gheorghită, R., Teliban, G. C., Amăriucăi-Mantu, D., & Stoleru, V. (2023). Future antimicrobials: Natural and functionalized phenolics. *Molecules*, 28(3), 1114. <https://doi.org/10.3390/molecules28031114>
75. Peng, F., Chen, L., Wang, X., Yu, Z., Cheng, C., & Yang, Y. (2023). Effect of chestnut (*Castanea mollissima* Blume) Bur polyphenol extract on *Shigella dysenteriae*: antibacterial activity and the mechanism. *Molecules*, 28(19), 6990. <https://doi.org/10.3390/molecules28196990>
76. You, Y., Yu, X., Jiang, J., Chen, Z., Zhu, Y. X., Chen, Y., ... & Shi, J. (2025). Bacterial cell wall-specific nanomedicine for the elimination of *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* through electron-mechanical intervention. *Nature communications*, 16(1), 2836. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-58132-7>
77. Sharma, P., Vaiwala, R., Gopinath, A. K., Chockalingam, R., & Ayappa, K. G. (2024). Structure of the bacterial cell envelope and interactions with antimicrobials: insights from molecular dynamics simulations. *Langmuir*, 40(15), 7791-7811. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.3c03815>
78. El-Sakhawy, M. A., Juraybi, T. N., Ateya, A. A. E. S., Osman, W., Abd-Elghany, A. A., Soliman, M. M., ... & Balah, M. A. (2026). Action Mechanism of Essential Oils or Their Components Against Pathogenic Bacteria: Literature Review. *International Journal of Microbiology*, 2026, 7468450. <https://doi.org/10.1155/ijm/7468450>
79. Shinde, Y., & Deokar, G. (2024). Regulation of gut microbiota by herbal medicines. *Current Drug Metabolism*, 25(2), 110-127. <https://doi.org/10.2174/0113892002300894240117051535>
80. Srivastava, A., Verma, N., Gupta, R., & Agarwal, V. (2026). A review of phytochemicals targeting bacterial biofilm and quorum sensing pathways: molecular, microbiological, and mechanistic insights. *Archives of Microbiology*, 208(6), 307. <https://doi.org/10.1007/s00203-024->

04079-w

81. Davidova, S., Galabov, A. S., & Satchanska, G. (2024). Antibacterial, antifungal, antiviral activity, and mechanisms of action of plant polyphenols. *Microorganisms*, 12(12), 2502. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12122502>
82. Patra, A. K., Amasheh, S., & Aschenbach, J. R. (2019). Modulation of gastrointestinal barrier and nutrient transport function in farm animals by natural plant bioactive compounds—a comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(20), 3237-3266. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1486284>
83. Jaiswal, L., Ismail, H., & Worku, M. (2020). A review of the effect of plant-derived bioactive substances on the inflammatory re-sponse of ruminants (sheep, cattle, and goats). *Int. J. Vet. Anim. Med*, 3, 130.
84. Aminullah, N., Mostamand, A., Zahir, A., Mahaq, O., & Azizi, M. N. (2025). Phytogetic feed additives as alternatives to antibiotics in poultry production: A review. *Veterinary World*, 18(1), 141. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2025.141-154>
85. Huang, C. M., & Lee, T. T. (2017). Immunomodulatory effects of phyto-genics in chickens and pigs—A review. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 31(5), 617. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0657>
86. Olędzka, A. J., & Czerwińska, M. E. (2023). Role of plant-derived compounds in the molecular pathways related to inflammation. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(5), 4666. <https://doi.org/10.3390/ijms24054666>
87. Yu, C., Wang, D., Yang, Z., & Wang, T. (2022). Pharmacological effects of polyphenol phytochemicals on the intestinal inflammation via targeting TLR4/NF-κB signaling pathway. *International journal of molecular sciences*, 23(13), 6939. <https://doi.org/10.3390/ijms23136939>
88. Cuadrado, A., Manda, G., Hassan, A., Alcaraz, M. J., Barbas, C., Daiber, A., ... & Schmidt, H. H. (2018). Transcription factor NRF2 as a therapeutic target for chronic diseases: a systems medicine approach. *Pharmacological reviews*, 70(2), 348-383. <https://doi.org/10.1124/pr.117.014928>
89. Hardie, D. G. (2016). Regulation of AMP-activated protein kinase by natural and synthetic activators. *Acta Pharmaceutica Sinica B*, 6(1), 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.apsb.2015.06.002>
90. Fakhri, S., Iranpanah, A., Gravandi, M. M., Moradi, S. Z., Ranjbari, M., Majnooni, M. B., ... & Xiao, J. (2021). Natural products attenuate PI3K/Akt/mTOR signaling pathway: A promising strategy in regulating neurodegeneration. *Phytomedicine*, 91, 153664. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2021.153664>
91. Abdelli, N., Solà-Oriol, D., & Pérez, J. F. (2021). Phytogetic feed additives in poultry: achievements, prospective and challenges. *Animals*, 11(12), 3471. <https://doi.org/10.3390/ani11123471>
92. Ipçak, H. H. (2023). The role of phytogetic feed additives in modulating poultry nutritional physiology and genomics. In *Veterinary Medicine and Science Annual Volume 2025*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1000123>
93. Chang, S. Y., Lee, J. H., Oh, H. J., An, J. W., Song, D. C., Cho, H. A., ... & Cho, J. H. (2023). Effect of different ratios of phytogetic feed additives on growth performance, nutrient digestibility, intestinal barrier integrity, and immune response in weaned pigs challenged with a pathogenic *Escherichia coli*. *Journal of Animal Science*, 101, skad148. <https://doi.org/10.1093/jas/skad148>
94. de Sá Assis, M. C., Costa, G. R. D. R., Dias, F. M. C., da Silva, C. S., de Lima, J. S., Torres, T. R., ... & de Souza, E. J. O. (2023). Can phytogetic additives replace monensin sodium in beef cattle feeding?. *Tropical Animal Health and Production*, 55(2), 107. <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03494-5>
95. Takiya, C. S., Ribeiro, V. C., de Almeida, C. V., Bugoni, M., Vittorazzi Jr, P. C., Chesini, R. G., ... & Rennó, F. P. (2023). Feeding phytogetic ingredients combined or not with Lithothamnium calcareum and a mycotoxin binder to lactating cows: Effects on performance, nutrient digestibility, physiological parameters, and nitrogen excretion. *Animal Feed Science and Technology*, 303, 115718. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115718>

96. Jang, I. S., Ko, Y. H., Kang, S. Y., & Lee, C. Y. (2007). Effect of a commercial essential oil on growth performance, digestive enzyme activity and intestinal microflora population in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 134(3-4), 304-315. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.08.006>
97. Cerdá-Bernad, D., Pitterou, I., Tzani, A., Detsi, A., & Frutos, M. J. (2023). Novel chitosan/alginate hydrogels as carriers of phenolic-enriched extracts from saffron floral by-products using natural deep eutectic solvents as green extraction media. *Current Research in Food Science*, 6, 100469. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100469>
98. Hashemi, S. R., & Davoodi, H. (2011). Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition. *Veterinary research communications*, 35(3), 169-180. <https://doi.org/10.1007/s11259-010-9454-z>
99. Patra, A. K., & Yu, Z. (2012). Effects of essential oils on methane production and fermentation by, and abundance and diversity of, rumen microbial populations. *Applied and environmental microbiology*, 78(12), 4271-4280. <https://doi.org/10.1128/aem.00309-12>
100. Cobellis, G., Trbalza-Marinucci, M., & Yu, Z. (2016). Critical evaluation of essential oils as rumen modifiers in ruminant nutrition: A review. *Science of the Total Environment*, 545, 556-568. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.045>
101. Niu, X., Xing, Y., Wang, J., Bai, L., Xie, Y., Zhu, S., ... & Liu, Y. (2024). Effects of Caragana korshinskii tannin on fermentation, methane emission, community of methanogens, and metabolome of rumen in sheep. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1334045. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1334045>
102. Yang, Q., Liang, Q., Balakrishnan, B., Belobrajdic, D. P., Feng, Q. J., & Zhang, W. (2020). Role of dietary nutrients in the modulation of gut microbiota: a narrative review. *Nutrients*, 12(2), 381. <https://doi.org/10.3390/nu12020381>
103. Parada Venegas, D., De la Fuente, M. K., Landskron, G., González, M. J., Quera, R., Dijkstra, G., ... & Hermoso, M. A. (2019). Short chain fatty acids (SCFAs)-mediated gut epithelial and immune regulation and its relevance for inflammatory bowel diseases. *Frontiers in immunology*, 10, 277. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.00277>
104. Xie, P., Ma, Z., Yang, X., Pan, H., Shen, P., Du, H., ... & Song, M. (2025). The regulatory effects and mechanisms of plant food-derived bioactive components on gut barrier function and intestinal homeostasis: a comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 65(31), 7810-7833. <https://doi.org/10.1080/10408398.2024.2434848>
105. Hernandez-Garcia, P. A., Orzuna-Orzuna, J. F., Godina-Rodríguez, J. E., Chay-Canul, A. J., & Silva, G. V. (2024). A meta-analysis of essential oils as a dietary additive for weaned piglets: Growth performance, antioxidant status, immune response, and intestinal morphology. *Research in Veterinary Science*, 170, 105181. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2024.105181>
106. Obianwuna, U. E., Chang, X., Oleforuh-Okoleh, V. U., Onu, P. N., Zhang, H., Qiu, K., & Wu, S. (2024). Phytobiotics in poultry: revolutionizing broiler chicken nutrition with plant-derived gut health enhancers. *Journal of animal science and biotechnology*, 15(1), 169. <https://doi.org/10.1186/s40104-024-01098-1>
107. Min, B. R., Lee, S., Jung, H., Miller, D. N., & Chen, R. (2022). Enteric methane emissions and animal performance in dairy and beef cattle production: Strategies, opportunities, and impact of reducing emissions. *Animals*, 12(8), 948. <https://doi.org/10.3390/ani12080948>
108. Valenzuela-Grijalva, N. V., Pinelli-Saavedra, A., Muhlia-Almazan, A., Domínguez-Díaz, D., & González-Ríos, H. (2017). Dietary inclusion effects of phytochemicals as growth promoters in animal production. *Journal of animal science and technology*, 59(1), 8. <https://doi.org/10.1186/s40781-017-0133-6>
109. Min, B. R., & Solaiman, S. (2018). Comparative aspects of plant tannins on digestive physiology, nutrition and microbial community changes in sheep and goats: A review. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 102(5), 1181-1193. <https://doi.org/10.1111/jpn.12938>

110. Gessner, D. K., Ringseis, R., & Eder, K. (2017). Potential of plant polyphenols to combat oxidative stress and inflammatory processes in farm animals. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 101(4), 605-628. <https://doi.org/10.1111/jpn.12579>
111. Zakaria, Z., Othman, Z. A., Nna, V. U., & Mohamed, M. (2023). The promising roles of medicinal plants and bioactive compounds on hepatic lipid metabolism in the treatment of non-alcoholic fatty liver disease in animal models: molecular targets. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 129(6), 1262-1278. <https://doi.org/10.1080/13813455.2021.1879644>
112. Cheng, J., Li, J., Xiong, R. G., Wu, S. X., Xu, X. Y., Tang, G. Y., ... & Gan, R. Y. (2024). Effects and mechanisms of anti-diabetic dietary natural products: An updated review. *Food & Function*, 15(4), 1758-1778. <https://doi.org/10.1039/d3fo04367g>
113. Luo, Y., Zeng, Y., Peng, J., Zhang, K., Wang, L., Feng, T., ... & Fan, G. (2023). Phytochemicals for the treatment of metabolic diseases: Evidence from clinical studies. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 165, 115274. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2023.115274>
114. Bellezza, I., Giambanco, I., Minelli, A., & Donato, R. (2018). Nrf2-Keap1 signaling in oxidative and reductive stress. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Cell Research*, 1865(5), 721-733. <https://doi.org/10.1016/j.bbamcr.2018.02.008>
115. LeFort, K. R., Rungratanawanich, W., & Song, B. J. (2024). Contributing roles of mitochondrial dysfunction and hepatocyte apoptosis in liver diseases through oxidative stress, post-translational modifications, inflammation, and intestinal barrier dysfunction. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 81(1), 34. <https://doi.org/10.1007/s00018-023-05061-7>
116. Shawon, S. I., Reyda, R. N., & Qais, N. (2024). Medicinal herbs and their metabolites with biological potential to protect and combat liver toxicity and its disorders: A review. *Heliyon*, 10(3).

BUĞDAYGİL VE BAKLAGİL SİLAJLARININ HAYVAN BESLEMEDE FONKSİYONEL DEĞERİ VE MODERN HAYVANCILIK SİSTEMLERİNE ENTEGRASYONU

Hasan KALE¹
Uğur BAŞARAN²

1. GİRİŞ

Tarımın diğer alanlarında olduğu gibi hayvansal üretimde de hızlı bir değişim ve dönüşüm yaşanmaktadır. Günümüzde hayvansal üretim bir taraftan ekolojik değişimlerin oluşturduğu tehditlerle başa çıkmak ve artan nüfusun talebini karşılamak zorundadır. Bu ilk koşulun sağlanması tüm kaynakların verimli kullanımıyla mümkün olabilir. Hayvansal üretimimin doğası gereği verimliliğin odağında yem kalitesi yer almaktadır. Bundan dolayı sürdürülebilir ve ekonomik hayvansal üretim için kaliteli yemin yeterli miktarda ve sürekli sağlanması esastır. Hayvan yemleri büyük oranda bitkisel üretimle elde edilmektedir. Bitkisel üretimin tamamıyla mevsime bağlı olması nedeniyle yıl boyu kaliteli yem üretimi mümkün değildir. Bu noktada, taze ve sulu yemlerin uzun süre saklamasına imkân sağlayan silaj teknolojisi kaliteli yem üretiminin tüm yıla yayılması adına büyük fırsatlar sunmaktadır.

Ruminant hayvan beslemede kaba yemler, rumen sağlığının korunması, geviş getirme aktivitesinin sürdürülmesi ve yüksek düzeyde hayvansal üretimin sağlanması açısından temel yem kaynaklarını oluşturmaktadır. Süt inekleri, besi sığırları ve küçükbaş ruminantlarda yem tüketimi, rumen pH dengesi, mikrobiyal protein sentezi ve metabolik sağlık büyük ölçüde kaba yemin kalite özelliklerine bağlıdır (1). Silaj, yeşil yem bitkilerinin anaerobik koşullarda laktik asit bakterileri tarafından fermente edilerek uzun süre muhafaza

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, hasan.kale@yobu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-4736-1498

² Prof. Dr., Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, ugur.basaran@yobu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-6644-5892

dışa bağımlılığı azaltabilir. Aynı zamanda ekim nöbeti, toprak verimliliği ve iklim risklerine uyum açısından da katkı sağlayabilir (14).

8. SONUÇ

Hayvansal üretim işletmelerin günden güne gelişmesi, kaliteli yem ihtiyacının artması, verimliliğin ve sürdürülebilir rekabet gücünün vazgeçilmez hale gelmesi silajın gelecekte önemini artırabilir. Bu hem üretim artışı hem de silaj teknolojinde gelişmeleri beraberinde getirecektir. Buğdaygil ve baklagil silajları, hayvan beslemede yalnızca kaba yem açığını kapatan materyaller değildir. Doğru bitki seçimi, uygun karışım oranı, zamanında hasat, teknik silolama, analiz temelli rasyon formülasyonu ve düzenli performans izlemi ile bu silajlar fonksiyonel yem kaynaklarına dönüşür. Rumen fermentasyonunu destekleme, enerji-protein dengesini iyileştirme, azot kullanım etkinliğini artırma, yem maliyetini azaltma ve sürdürülebilir üretime katkı sağlama potansiyelleri, bu yemleri modern hayvancılık sistemleri için stratejik hale getirir.

Sonuç olarak buğdaygil-baklagil karışım silajları, alternatif bir kaba yem seçeneğinden daha fazlasıdır. Tarladan rasyona uzanan planlı bir sistem içinde değerlendirildiğinde, hayvan performansı, işletme ekonomisi ve çevresel sürdürülebilirlik arasında güçlü bir köprü kurabilir.

9. KAYNAKLAR

1. Allen MS. Drives and limits to feed intake in ruminants. *Animal Production Science*, (2014); 54(10): 1513–1524. <https://doi.org/10.1071/AN14478>
2. Kung L, Shaver RD, Grant RJ, Schmidt RJ. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, 2018;101(5):4020–4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>
3. Ferraretto LF, Shaver RD, Luck BD. Silage review: Recent advances and future technologies for forage harvesting. *Journal of Dairy Science*, 2018;101: 3937–3951.
4. Dunière L, Sindou J, Chaucheyras-Durand F, Chevallier I, Thévenot-Sergentet D. Silage processing and strategies to prevent persistence of undesirable microorganisms. *Animal Feed Science and Technology*, 2013; 182(1–4): 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.04.006>
5. Lithourgidis AS, Dordas CA, Damalas CA, Vlachostergios DN. Annual intercrops: An alternative pathway for sustainable agriculture. *Australian Journal of Crop Science*, 2011;5(4):396–410.
6. Muck RE, Nadeau EMG, McAllister TA, Contreras-Govea FE, Santos MC, Kung, L. Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. *Journal of Dairy Science*, 2018;101(5): 3980–4000. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13839>
7. Driehuis F. Silage and the safety and quality of dairy foods: A review. *Agricultural and Food Science*. 2013;22(1):16-34. <https://doi.org/10.23986/afsci.6699>

8. Wilkinson JM, Rinne M. Highlights of progress in silage conservation and future perspectives. *Grass and Forage Science*. 2018;73(1):40-52. <https://doi.org/10.1111/gfs.12327>
9. Hristov AN, Bannink A, Crompton LA, Huhtanen P, Kreuzer M, McGee M, Schwarm A. Nitrogen in ruminant nutrition: A review of measurement techniques. *Journal of Dairy Science*, 2019;102(7): 5811–5852. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15829>
10. Chowdhury MR, Wilkinson RG, Sinclair LA. Feeding lower-protein diets based on red clover and grass or alfalfa and corn silage does not affect milk production but improves nitrogen use efficiency in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2023;106(3):1773-1789. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22607>
11. Brito AF, Broderick GA Effect of varying dietary ratios of alfalfa silage to corn silage on production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *Journal of dairy science*: 2006;89(10):3924-3938.[https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(06\)72435-3](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(06)72435-3)
12. Kennedy P, Dawson LER. Comparison of the performance of finishing beef cattle offered grass silage and legume/cereal wholecrop silage either alone or in combination with grass silage. *Proceedings of the British Society of Animal Science*. 2009; 2009:77-77. <https://doi.org/10.1017/s1752756200029161>
13. Dumlu Z, Tan M. Erzurum şartlarında yetişen bazı baklagil yem bitkileri ve karışımlarının silaj değerlerinin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2013;40(2):15–21
14. Özkan U, Yılmaz Dİ, Tenikecier HS, Ateş E. Türkiye’de kaba yem ve kuru ot durumu: 2004–2024 dönem analizi. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 2025; 8(1)

YEM BİTKİLERİNDE KALİTE VE FONKSİYONELLİĞİ ARTIRMAYA YÖNELİK AGRONOMİK VE KÜLTÜREL UYGULAMALAR

Hasan KALE¹
Uğur BAŞARAN²

1. GİRİŞ

Yem bitkileri, ruminant hayvancılığın biyolojik ve ekonomik temelini oluşturan kaba yem kaynaklarıdır. Kaliteli kaba yem üretimi; süt verimi, canlı ağırlık artışı, yemden yararlanma, rumen sağlığı ve işletme kârlılığı üzerinde doğrudan etkilidir. Bununla birlikte yem bitkilerinde kalite kavramı birçok parametrenin ortak sonucunun ifadesidir. Yalnızca yüksek kuru madde verimiyle açıklanamaz. Ham protein, NDF, ADF, lignin, NDF sindirilebilirliği, mineral madde, enerji değeri ve anti-kalite faktörleri birlikte değerlendirilmelidir (1)

Fonksiyonellik kavramı, yem bitkisinin hayvan beslemede sağladığı klasik besin değerinin ötesine geçer. Fonksiyonel yem bitkisi; rumen fermantasyonunu destekleyen, sindirilebilirliği yüksek, protein-enerji dengesine katkı sağlayan, hayvan sağlığını koruyan, çevresel yükü azaltan ve üretim sisteminin dayanıklılığını artıran yem kaynağıdır. Bu bağlamda son yıllarda yem bitkilerinde verim ve besleme kalitesinin birlikte geliştirilmesi gerektiği araştırmacılar tarafından sıklıkla vurgulamaktadır (2).

Bu kitap bölümünde, agronomik ve kültürel uygulamalar, kalite ve fonksiyonelliği artıran yönetim araçları olarak ele alınmaktadır. Amaç, yem bitkisi üretimini yalnızca tarladaki biyokütle üretimi olarak değil, hayvan besleme ve sürdürülebilir işletme yönetimiyle bağlantılı bir strateji olarak değerlendirmektir.

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, hasan.kale@yobu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-4736-1498

² Prof. Dr., Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, ugur.basaran@yobu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-6644-5892

malarının birlikte planlanmasıyla mümkündür. Bu itibarla yem bitkilerinde kalite çok bileşenli ve sürekli izlenilmesi gereken bir sürecin ürünüdür. Dahası sadece üretimle sınırlı olmayıp kullanımla da değişen bir kavramdır.

Bu nedenle agronomik ve kültürel uygulamalar, yem bitkisi üretiminin teknik ayrıntıları değil, hayvan besleme sisteminin başlangıç noktasıdır. Tarlada alınan kararlar, rasyondaki kaliteyi; rasyondaki kalite, hayvan performansını; hayvan performansı ise işletme ekonomisi ve sürdürülebilirliği belirler. Fonksiyonel kaba yem üretimi, modern hayvancılıkta verim, kalite ve çevre hedeflerini birleştiren temel stratejilerden biridir.

6. KAYNAKLAR

1. Allen MS. Drives and limits to feed intake in ruminants. *Animal Production Science*, 2014; 54(10): 1513–1524. <https://doi.org/10.1071/AN14478>
2. Capstaff NM, Miller AJ. 2018. Improving the yield and nutritional quality of forage crops. *Frontiers in Plant Science*, 2018; 9: 535. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00535>
3. Jung HG. Lignin and forage digestibility symposium. *Crop Science*, 2005;45(3):820–831. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.0001sym>
4. Evers GW. Forage legumes: Forage quality, fixed nitrogen, or both. *Crop Science*, 2011; 51(2): 403–409. <https://doi.org/10.2135/cropsci2010.06.0380>
5. Annicchiarico P, Barrett B, Brummer EC, Julier B, Marshall AH. Achievements and challenges in improving temperate perennial forage legumes. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 2015;34(1–3): 327–380. <https://doi.org/10.1080/07352689.2014.898462>
6. Posler GL, Lenssen AW, Fine GL. Forage yield, quality, compatibility, and persistence of warm-season grass-legume mixtures. *Agronomy Journal*, 1993; 85(3): 554–560. <https://doi.org/10.2134/agronj1993.00021962008500030007x>
7. Albayrak S, Türk M, Yüksel O, Yılmaz M. Forage yield and the quality of perennial legume-grass mixtures under rainfed conditions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 2011;39(1):114–118. <https://doi.org/10.15835/nbha3915853>
8. Miller LA, Moorby JM, Davies DR, Humphreys MO, Scollan ND, MacRae JC, Theodorou MK. Increased concentration of water soluble carbohydrate in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.): milk production from late-lactation dairy cows. *Grass and Forage Science*, 2001;56(4): 383–394.
9. Peoples MB, Herridge DF, Ladha JK. Biological nitrogen fixation: An efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production? *Plant and Soil*, 2017;174: 3–28.
10. Jensen ES, Carlsson G, Hauggaard-Nielsen H. Intercropping of grain legumes and cereals improves the use of soil N resources and reduces the requirement for synthetic fertilizer N. *Agronomy for Sustainable Development*, 2020: 40, 5.
11. Farooq M, Hussain M, Wahid A, Siddique KHM. Drought stress in plants: An overview. In *Plant responses to drought stress* (pp. 1–33). Springer. 2012. https://doi.org/10.1007/978-3-642-32653-0_1
12. Lisar SYS, Motafakkerazad R, Hossain MM, Rahman IMM. Water stress in plants: Causes, effects and responses. In *Water stress*. 2012; (pp. 1–14). InTech.
13. Savary S, Willocquet L, Pethybridge SJ, Esker P, McRoberts N, Nelson A. The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nature Ecology & Evolution*, 2019;3(3): 430–439. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0793-y>
14. Muck RE, Nadeau EMG, McAllister TA, Contreras-Govea, FE, Santos MC, Kung, L. Silage re-

- view: Recent advances and future uses of silage additives. *Journal of Dairy Science*, 2018;101(5): 3980–4000. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13839>
15. Mullet J, Morishige D, McCormick R, Truong S, Hilley J, McKinley B, Anderson R, Olson SN, Rooney W. Energy sorghum—a genetic model for the design of C4 grass bioenergy crops. *Journal of Experimental Botany*, 2014;65(13): 3479–3489. <https://doi.org/10.1093/jxb/eru229>
 16. Borrean G, Tabacco E, Schmidt RJ, Holmes BJ, Muck RE. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *Journal of Dairy Science*, 2018;101(5):3952–3979. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837>
 17. Sulc RM, Tracy BF. Integrated crop-livestock systems in the U.S. Corn Belt. *Agronomy Journal*, 2017; 109(2):335–345.
 18. Swanton CJ, Nkoa R, Blackshaw RE. Experimental methods for crop-weed competition studies. *Weed Science*, 2015;63(SP1): 2–11.
 19. Nichols V, Verhulst N, Cox R, Govaerts B. Weed dynamics and conservation agriculture principles: A review. *Field Crops Research*, 2015;183: 56–68. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.07.012>
 20. Barzman M, Bärberi P, Birch ANE, Boonekamp P, Dachbrodt-Saaydeh S, Graf B, Hommel B, Jensen JE, Kiss J, Kudsk P, Lamichhane JR, Messéan A, Moonen AC, Ratnadass A, Ricci P, Sarah JL, Sattin M. Eight principles of integrated pest management. *Agronomy for Sustainable Development*, 2015;35(4):1199–1215. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0327-9>
 21. Berger LL, Fahey GC, Bourquin LD, Titgemeyer EC. Modification of forage quality after harvest. In *Forage Quality, Evaluation, and Utilization*. ASA, CSSA, and SSSA Books.1994. <https://doi.org/10.2134/1994.foragequality.c23>
 22. Rotz CA, Muck RE. Changes in forage quality during harvest and storage. In *Forage Quality, Evaluation, and Utilization*. ASA, CSSA, and SSSA Books1994. <https://doi.org/10.2134/1994.foragequality.c20>
 23. Wilkinson JM, Rinne M. Highlights of progress in silage conservation and future perspectives. *Grass and Forage Science*, 2018; 73(1); 40–52. <https://doi.org/10.1111/gfs.12327>

ÇAYIR VE MERA EKOSİSTEMLERİNDE BİYOÇEŞİTLİLİK, YEM KALİTESİ VE HAYVAN BESLEME İLİŞKİSİ

Mustafa AVCİ¹

1. ÇAYIR VE MERALARIN TANIMI VE ÖZELLİKLERİ

Mera: Meralar, genellikle hafif eğimli veya dalgalı topoğrafyaya sahip, taban suyu derinde olan kıraç arazilerde oluşmuş, çok sayıda bitki türlerini içeren daha kısa boylu bitkilerden meydana gelen ve genellikle hayvan otlatılarak yararlanılan kaba yem alanlarıdır (1). Meralar oluşum şekillerine göre doğal ve yapay olmak üzere ikiye ayrılır: Doğal Meralar kapsamında, ağaçların seyrekleştiği orman alanlarında oluşan orman içi meralar, yüksek rakımlı yerlerde meydana gelen yaylalar, dağlık kesimlerde, orman sınırlarının üzerinde oluşan Alp meraları ve kuru ve fakir topraklarda meydana gelen kıraç meralar bu sınıf içerisinde yer alır.

Yapay meralar, vejetasyon yapısı insan eliyle oluşturulan alanlar olarak tanımlanmaktadır. Bu alanların tesisi sürecinde öncelikle toprak sürülerek nitelikli bir tohum yatağı hazırlanmakta ve ardından bölgenin ekolojik koşullarına uyum sağlayabilecek mera bitkilerinin tohum karışımları ekilmektedir. İhtiyaç doğrultusunda gübreleme ve sulama gibi kültürel işlemlerle desteklenen bu meralardan genellikle otlatma yoluyla faydalanılsa da topoğrafya, iklim ve toprak özelliklerinin elverişli olduğu habitatlarda biçenek olarak da yararlanılması mümkündür. Literatürde Bullock vd. (2), tarımsal üretim sistemleri içerisindeki meraları doğal ve yapay olmak üzere iki sınıfa ayırmışlardır. Yapay meraların tamamen insan yönetiminin bir ürünü olduğunu belirten Queiroz vd. (3), bu alanların çoğunlukla otlatılarak değerlendirildiğini, ancak gerekli bakım faaliyetleri yürütülmediğinde vejetasyonun çalı ve ağaç formundaki odunsu türler tarafından istila edildiğini rapor etmişlerdir. Yüksek üretim potansiyeline sahip, genellikle yerli olmayan bitki türlerinin toprak işleme ve ekim faaliyetleri neticesinde kurulduğu bu alanlar; yoğun bir yönetim, düzenli gübreleme ve koruma programları altında sürdürülebilmektedir (4, 5).

¹ Prof. Dr. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Bitkisel Üretim ve teknolojileri Bölümü, mavci@ohu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-0875-511X

teşkil eden dinamik alanlardır. Bu ekosistemlerde bitkisel biyoçeşitlilik, yem kalitesi ve hayvan besleme performansı birbirine sıkı sıkıya bağlı bir zincirin halkalarını oluşturmaktadır; flora zenginliği ile otlayan hayvanların üretkenliği arasında doğrusal ve ayrılmaz bir bağ bulunmaktadır. Botanik kompozisyonu kaliteli türler açısından zengin tutulan meralar, yüksek besin değerine sahip kaba yem üreterek hayvancılık işletmelerinin en büyük girdi kalemi olan kesif yem maliyetlerini %50'ye varan oranlarda düşürme potansiyeline sahiptir (19, 60). Dolayısıyla, agro-ekosistem bütünlüğünü korumak ve hayvansal üretimde karlılığı sürdürülebilir kılmak adına, mera varlığımızın biyolojik çeşitliliğini muhafaza etmek ve geliştirmek stratejik bir zorunluluktur.

Ancak günümüzde çayır-mera alanları küresel ve ulusal ölçekte ciddi bozulama süreçleriyle karşı karşıyadır. Meraların sürülerek tarıma açılması, aşırı ve zamansız otlatma uygulamaları ile istilacı türlerin yayılımı gibi tehditler, bitki örtüsü kaplılık oranlarını ve ot verimini kritik seviyelere düşürmektedir (28). Barındırdığı zengin flora ve fauna ile biyoçeşitliliğin korunmasına hizmet eden bu alanların yanlış kullanımı sonucu üzerinde kalıcı hasarlar bırakmaktadır. Biyoçeşitlilikte meydana gelen bu kayıplar, yalnızca çevresel dengenin değil, aynı zamanda tarımsal üretim ve hayvancılık faaliyetlerinin geleceğini de doğrudan tehdit etmektedir. Bu nedenle, mera sağlığının korunması ekolojik devamlılık açısından hayati bir önem taşımaktadır (11, 12, 39, 61).

Netice itibarıyla, bu alanların sürdürülebilirliği, bilimsel otlatma yöntemlerinin tavizsiz uygulanması ve doğal bitki örtüsünün korunması ile mümkündür. Geleceğe yönelik yapılacak ıslah ve amenajman çalışmalarının başarısı; her bölgenin kendi topoğrafik ve iklimsel dinamikleri çerçevesinde vejetasyon yapısının ve botanik kompozisyonunun saptanarak istilacı türlerle mücadele edilmesine ve nihayetinde bilimsel verilere dayalı otlatma kapasitelerine tam uyumlu sürdürülebilir yönetim planlarının acilen devreye sokulmasına bağlıdır (51, 62, 63).

7. KAYNAKLAR

1. Altın M, Gökkuş A, Koç A. *Çayır ve mera yönetimi: Cilt II (Temel ilkeler)*. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü; 2011.
2. Bullock JM, Jefferson RG, Blackstock TH, et al. Semi-natural grasslands. In: *The UK National Ecosystem Assessment: Technical Report*. UNEP-WCMC; 2011. p. 162-195.
3. Queiroz C, Beilin R, Folke C, et al. Farmland abandonment: Threat or opportunity for biodiversity conservation? A global review. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2014;12(5): 288-296.
4. Pilgrim ES, Macleod CJA, Blackwell MSA, et al. Interactions among agricultural management and ecological functions in intensive and semi-natural grasslands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2010;137(1-2): 1-14.
5. Suttie JM, Reynolds SG, Batello C (eds.) *Grasslands of the world*. Plant Production and Protection Series No. 34. Food and Agriculture Organization (FAO); 2005.
6. Lemaire G, Hodgson J, Chabbi A (eds.) *Grassland productivity and ecosystem services*. CAB International; 2011.

7. Habel JC, Dengler J, Janišová M, et al. European grassland ecosystems: Threatened hotspots of biodiversity. *Biodiversity and Conservation*. 2013;22(10): 2131-2138.
8. González-Ronquillo M, Palacios-Riocerezo C, Robles-Jimenez LE, et al. Effects of weather and other factors on milk production in the Churra dairy sheep breed. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*. 2021;9(2): 2117.
9. Lavorel S, Grigulis K, Lamarque P, et al. Using plant functional traits to understand the landscape distribution of multiple ecosystem services. *Journal of Ecology*. 2013;101(5): 1192-1208.
10. Modernel P, Rossing WA, Corbeels M, et al. Land use change and ecosystem services in the Río de la Plata grasslands. *Global Change Biology*. 2016;22(4): 1530-1550.
11. Acar Z, Ayan İ, Aşçı ÖÖ. Çayır-mera ve yem bitkileri gen kaynaklarının biyoçeşitlilik açısından önemi. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*. 2018;28(1): 45-56.
12. Reynolds SG, Batello C, Suttie JM. Perspectives on grassland challenges. In: Suttie JM, Reynolds SG, Batello C (eds.) *Grasslands of the world*. Food and Agriculture Organization (FAO); 2005. p. 1-13.
13. Koç A, Schacht WH, Erkovan HI. The history and current direction of rangeland management in Turkey. *Rangelands*. 2015;37(4): 150-156.
14. Aktaş H, Severoğlu S. Mera ekosistemlerinde biyoçeşitliliğin durumu, azalma nedenleri ve koruma stratejileri. *Black Sea Journal of Engineering and Science*. 2025;8(6): 2022-2034. doi: 10.34248/bsengineering.1737439
15. Eldridge DJ, Bowker MA, Maestre FT, et al. Impacts of shrub encroachment on ecosystem structure and functioning: Changes in nuclear versus inter-space spaces inside pastures. *Ecosystems*. 2011;14(2): 243-256.
16. Meeuwig RO. Infiltration and soil erosion as influenced by vegetation and soil in northern Utah. *Journal of Range Management*. 1970;23(3): 185-188.
17. Bengtsson J, Bullock JM, Egoh B, et al. Grasslands—more important for ecosystem services than you might think. *Ecosphere*. 2019;10(2): e02582.
18. Emanuelsson U. *The rural landscapes of Europe: How man has shaped European nature*. Forskningsrådet Formas; 2009.
19. Dillon P, Roche JR, Shalloo L, et al. Optimising the use of grazed pasture in dairy production systems. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*. 2005;44(2): 227-246.
20. Bilgen BB, Özyiğit Y. Mera ekosistemlerinin korunması ve vejetasyon yönetimi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2005;18(2): 263-271.
21. Marsden T, Banks J, Bristow G. Food supply chain approaches: Exploring their role in rural development. *Sociologia Ruralis*. 2000;40(4): 424-438.
22. Petermann JS, Buzhdygan OY. Grassland biodiversity. *Current Biology*. 2021;31(19): R1195-R1201.
23. Gökkuş A. *Çayır ve mera yönetimi*. Genişletilmiş 2. baskı. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Yayınları; 2016.
24. Koç A, Gökkuş A. Güzelyurt Köyü mera vejetasyonunun botanik kompozisyonu ve toprağı kaplama alanı ile bırakılacak en uygun anız yüksekliğinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 1994;18(6): 491-497.
25. Tükel T, Hatipoğlu R. Sığır yaylasındaki tipik bir Akdeniz orman içi mera ekosisteminin vejetasyon yapısı ve verim gücünün saptanması üzerinde bir araştırma. *Türkiye IV. Tarla Bitkileri Kongresi Bildirileri*; 17-21 Eylül 2001; Tekirdağ. 2001. Cilt III. p. 37-42.
26. Yıldız T, Özyazıcı MA. Çayır ve meraların floristik kompozisyonunun belirlenmesinde kullanılan bazı vejetasyon ölçüm yöntemleri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*. 2017;32(1): 136-144.
27. Avağ A, Şimşek U, Özel R, et al. Ulusal mera kullanım ve yönetim projesi veri tabanı çalışmaları. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*. 2012;5(2): 102-106.
28. Ünal S, Urla Ö, Mutlu Z, et al. Ankara İli meralarının değerlendirilmesi üzerine bir çalışma. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*. 2012;21(2): 41-49.

29. Aksan U, Yazlık A. Mera alanlarında bulunan bitki türleri ve etkileri: Düzce merkez ilçe örneği. *Akademik Ziraat Dergisi*. 2021;10(1): 81-96.
30. Çınar S, Hatipoğlu R, Avcı M, et al. Adana İli Tufanbeyli İlçesi meralarının botanik kompozisyonunun belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*. 2018;7(2): 21-29.
31. Fraser MD, Fleming HR, Theobald VJ, et al. The effect of grazing biodiversity-rich pastures on the performance of growing lambs. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2014;188: 132-141.
32. O'Mara FP. The role of grasslands in food security and climate change. *Annals of Botany*. 2012;110(6): 1263-1270.
33. Poppi DP. Nutritive value of pasture for beef and dairy production. In: Lemaire G, Hodgson J, Chabbi A (eds.) *Grassland productivity and ecosystem services*. CAB International; 2011. p. 115-126.
34. Ramírez-Retamal J, Morales R, Martínez ME, et al. Effect of breed and feeding on the carcass characteristics of the Chilote breed lamb. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2013;73(1): 38-43.
35. Jouven M, Carrère P, Baumont R. Model predicting dynamics of biomass, structure and digestibility of herbage in managed permanent pastures. 1. Model description. *Grass and Forage Science*. 2006;61(2): 112-124.
36. Samuel MJ, Hart RH. Nitrogen fertilization of mixed-grass prairie near Cheyenne, Wyoming. *Journal of Range Management*. 1998;51(4): 408-416.
37. Keady TWJ, Hanrahan JP. Effects of sward type (perennial ryegrass v. chicory) on the performance of finishing lambs. *Proceedings of the British Society of Animal Science*. 2010;1(1): 163.
38. Corriher VA, Hill GM, Andrae SA, et al. Cow and calf performance on Tifton 85 bermudagrass pastures overseeded with annual ryegrass and clover. *Journal of Animal Science*. 2009;87(6): 2110-2118.
39. Lal R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*. 2004;304(5677): 1623-1627.
40. Ball DM, Hoveland CS, Lacefield GD. *Southern forages: Modern concepts for successful pasture management*. 3. bs. Potash & Phosphate Institute; 2001.
41. Li G, Kemp PD. Forage chicory (*Cichorium intybus* L.): A review of its agronomy and animal production. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 2005;48(3): 379-387.
42. Rovira P. Effect of stocking rate and supplementation on performance of lambs grazing rice stubbles. *Livestock Research for Rural Development*. 2013;25(7): 118.
43. Fraser MD, Speijers MHM, Theobald VJ, et al. Production performance and meat quality of steers grazing improved upland pasture or semi-natural rough grazing. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2009;85(3): 255-267.
44. Coulon JB, Delacroix-Buchet A, Martin B, et al. Relationships between pasture botanical composition, rural cheese manufacturing processes, and chemical and sensory characteristics of cheeses. *Journal of Dairy Science*. 2004;87(11): 3451-3463.
45. Bedoin F, Kristensen ES. *Potentials of semi-natural grasslands for meat production and meat quality*. DCA Report No. 021. Aarhus University, DCA - Danish Centre for Food and Agriculture; 2013.
46. Türkiye İstatistik Kurumu. *Hayvansal üretim istatistikleri*. TÜİK Veri Portalı; 2022.
47. Kuchtík J, Jarošová A, Dračková E, et al. Changes of physico-chemical characteristics, somatic cell count and curd quality during lactation and their relationships in Lacaune ewes. *Mljekarstvo*. 2017;67(2): 138-145.
48. Kasapidou E, Basdagianni Z, Papadopoulos V, et al. Effects of intensive and semi-intensive production on sheep milk chemical composition, physicochemical characteristics, fatty acid profile, and nutritional indices. *Animals*. 2021;11(9): 2578.
49. Ceyhan A, Avcı M, Tanrıku MM, et al. The effect of different management systems on milk yield and milk quality in Awassi sheep. *Archives Animal Breeding*. 2022;65: 407-416. doi: 10.5194/aab-65-407-2022

50. Yakan A, Özkan H, Eraslan Şakar A, et al. Milk yield and quality traits in different lactation stages of Damascus goats: Concentrate and pasture based feeding systems. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 2019;66(2): 117-129. doi: 10.33988/auvfd.547470
51. Lechtenberg VL, Hemken RW. Hay quality. In: Heath ME, Barnes RF, Metcalfe DS (eds.) *Forages: The science of grassland agriculture*. 4th ed. Iowa State University Press; 1985. p. 460-469.
52. Asav U, Özasan Parlak A, Parlak M. Çanakkale ili meralarının bitki örtüsü ve bazı mera durum özellikleri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*. 2014;29(3): 185-192.
53. Gür M, Altın M. Farklı yüksekliklerdeki meraların bitki örtüsü ve bazı vejetasyon özelliklerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2015;12(1): 45-53.
54. Sürmen M, Budak F, Kara N. Türkiye meralarında botanik kompozisyon ve bitki çeşitliliğinin değişimi üzerine bir inceleme. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*. 2015;24(2): 112-120.
55. Terzioğlu Ö, Yalvaç N. Van yöresi doğal meralarında otlatmaya başlama zamanı, kuru ot verimi ve botanik kompozisyonunun belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*. 2004;14(1): 23-26.
56. Yavuz T, Sürmen M, Albayrak S, et al. Forage yield and quality of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) lines in the Black Sea coastal area of Turkey. *Turkish Journal of Field Crops*. 2013;18(1): 40-45.
57. Balabanlı C, Albayrak S, Türk M. Türkiye çayır meralarında bulunan bazı zararlı bitkiler ve hayvanlar üzerindeki etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri A*. 2006;1(2): 89-96.
58. Gökkuş A, Koç A. Dominant mera bitkilerinin biomas ve kimyasal kompozisyonlarının büyüme dönemindeki değişimi II. Kimyasal kompozisyondaki değişimler. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 1999;23(Ek Sayı 2): 495-508.
59. Baytop A. *Türkiye'de zehirli bitkiler, bitki zehirlenmeleri ve tedavi yöntemleri*. Yayın No: 3558, Eczacılık Fakültesi Yayın No: 51. İstanbul Üniversitesi Basımevi; 1989.
60. Peyraud JL, Van den Pol-van Dasselaar A, Dillon P, et al. Economical and biophysical sustainability of pasture-based systems in intensive dairy farming in Northern and Western Europe. *Animal*. 2010;4(7): 1121-1132.
61. Koç A, Gökkuş A, Tan M, et al. *Mera ekolojisi ve yönetimi*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları; 2015.
62. Ayanu YZ, Jafari A, Schuler J, et al. Ecosystem services, sustainable grazing management, and rangeland restoration in varying socio-ecological contexts. *Rangeland Ecology & Management*. 2015;68(5): 390-399.
63. Bakır Ö. *Ankara meralarında vejetasyon etütleri ve otlatma kapasitelerinin tayini üzerine araştırmalar*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları; 1969.

ALTERNATİF VE FONKSİYONEL YEMLERİN RUMİNANTLARDA IN VİTRO SİNDİRİLEBİLİRLİK, FERMANTASYON VE METAN ÜRETİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Gürkan SEZMİŞ¹

1. GİRİŞ

Küresel iklim değişikliği tartışmalarında hayvancılık sektörünün payı, son yirmi yılda giderek daha fazla bilimsel ilginin odağı haline gelmiştir. Ruminant hayvanlarda rumen fermantasyonu sırasında ortaya çıkan enterik metan (CH_4), antropojenik sera gazı emisyonlarının %3-5'ini oluşturmaktadır; bu oran, tek bir biyolojik süreç için oldukça dikkat çekicidir (1). Metan molekülünün atmosferik ısınma potansiyeli karbondioksitten kat kat yüksek olduğundan, enterik kaynaklı emisyonların azaltılması iklim politikalarında öncelikli bir hedef olarak konumlanmıştır.

Rumen, kendine özgü anaerobik mikrobiyal ekosistemi sayesinde ruminantların selülozca zengin, düşük kaliteli ligno-selülozik materyalleri değerlendirebilmesini sağlayan olağanüstü bir organdır. Ancak bu fermantasyon sürecinin doğal bir yan ürünü olarak metanojenik arkeler, hidrojenin birikimini önlemek amacıyla karbondioksit ve hidrojeni metana indirgemektedir. Söz konusu biyokimyasal yol, hem çevresel açıdan istenmeyen bir gaz emisyonuna hem de hayvan için brüt enerjinin %2-12'sine varan bir kayba yol açmaktadır. Dolayısıyla metan üretiminin azaltılması, yalnızca çevresel sürdürülebilirlik açısından değil, aynı zamanda yem enerjisinin daha verimli kullanılması bakımından da önem taşımaktadır.

Bu çerçevede geliştirilen etkiyi azaltma stratejileri son derece geniş bir yelpazeye yayılmaktadır. Kapsamlı bir derlemede ortaya konduğu üzere, mevcut yaklaşımlar üretim yoğunlaştırması, rasyon manipülasyonu, rumen mikrobiyotasının doğrudan modülasyonu (iyonoforlar, 3-nitrooksipropanol, makroalgler, alternatif elektron alıcıları, fitokimyasal-

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Yozgat Bozok Üniversitesi, Zootečni Bölümü, gurkan.sezmis@yobu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-8114-2729

DOI: 10.37609/akya.4339.c20390

mesi, titiz *in vitro* taramaların *in vivo* doğrulamalarla desteklendiği, güvenlik ve sürdürülebilirliğin gözetildiği kanıta dayalı bir araştırma anlayışını gerektirmektedir.

7. KAYNAKLAR

1. Yu G, Beauchemin KA, Dong R. A review of 3-nitrooxypropanol for enteric methane mitigation from ruminant livestock. *Animals*, 2021; 11(12). <https://doi.org/10.3390/ani11123540>
2. Beauchemin KA, Ungerfeld EM, Abdalla AL, et al. Invited review: Current enteric methane mitigation options. *Journal of Dairy Science*, 2022; 105(12), 9297–9326. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22091>
3. Machado L, Tomkins N, Magnusson M, et al. In vitro response of rumen microbiota to the antimethanogenic red macroalga *Asparagopsis taxiformis*. *Microbial Ecology*, 2018; 75(3), 811–818. <https://doi.org/10.1007/s00248-017-1086-8>
4. Sena F, Portugal AP, Dentinho MT, et al. Effect of the dietary supplementation with sunflower oil-enriched bromoform from *Asparagopsis taxiformis* on lambs' growth, health, and ruminal methane production. *Animal*, 2024; 18(8), 101249. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101249>
5. Ku-Vera JC, Castelán-Ortega OA, Galindo-Maldonado FA, et al. Review: Strategies for enteric methane mitigation in cattle fed tropical forages. *Animal*, 2020; 14(S3), s453–s463. <https://doi.org/10.1017/S1751731120001780>
6. Min BR, Solaiman S, Waldrip HM, et al. Dietary mitigation of enteric methane emissions from ruminants: A review of plant tannin mitigation options. *Animal Nutrition*, 2020; 6(3), 231–246. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.05.002>
7. Hodge I, Quille P, O'Connell S. A review of potential feed additives intended for carbon footprint reduction through methane abatement in dairy cattle. *Animals*, 2024; 14(4). <https://doi.org/10.3390/ani14040568>
8. Chávez-Solis AU, Ábrego-García A, Albores-Moreno S, et al. In vitro methods for assessing gas production and rumen digestibility: Methodological considerations, advantages, and limitations. *Journal of Microbiological Methods*, 2026; 247, 107566. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2026.107566>
9. Kour H, Malik R, Datt C, Rana P. A low-cost continuous rumen simulation system for sustainable in vitro fermentation and feed evaluation in ruminant production. *MethodsX*, 2025; 15, 103581. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2025.103581>
10. Sun X, Li Y, Giller K, et al. Comparative assessment of emulsifiers for in vitro ruminal gas production and fermentation measurements: Tween 80 is a suitable emulsifier. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2024; 108(3), 680–690. <https://doi.org/10.1111/jpn.13924>
11. Krizsan SJ, Jančík F, Ramin M, Huhtanen P. Comparison of some aspects of the in situ and in vitro methods in evaluation of neutral detergent fiber digestion. *Journal of Animal Science*, 2012; 91(2), 838–847. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5343>
12. Ahmed E, Gaafar A, Nishida T. Agro-industrial by-products as ruminant feed: Nutritive value and in vitro rumen fermentation evaluation. *Animal Science Journal*, 2024; 95(1), e13974. <https://doi.org/10.1111/asj.13974>
13. Parchami M, Rustas BO, Taherzadeh MJ, Mahboubi A. Effect of Agro-Industrial by Products Derived from Volatile Fatty Acids on Ruminant Feed In Vitro Digestibility. *Animals*, 2024; 14(16). <https://doi.org/10.3390/ani14162330>
14. Gómez-Trinidad M, Sánchez-Santillán P, Ayala-Monter MA, et al. In vitro gas production, in situ digestibility, intake, weight gain and ruminal characteristics of calves fed a diet containing 60% waste papaya silage. *Tropical Animal Health and Production*, 2024; 56(8), 370. <https://doi.org/10.1007/s11259-024-01000-0>

org/10.1007/s11250-024-04219-0

15. Sabry M, Nasser MEA, Kamel HEM, et al. Effect of replacing corn grains with date palm kernels on ruminal fermentation, feed degradability, and methane production under different initial pH conditions. *Animal Biotechnology*, 2021; 33(6), 1268–1279. <https://doi.org/10.1080/10495398.2021.1886941>
16. Wanapat M, Huang B, Viennasay B, et al. Rapeseed pod meal can replace concentrate and enhance utilization of feed on in vitro gas production and fermentation characteristics. *Tropical Animal Health and Production*, 2020; 52(5), 2593–2598. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02296-5>
17. Ahmed E, Ishikawa T, Batbekh B, et al. From waste to feed: *In vitro* assessment of spent silkworm by-products and manure-raised housefly as soybean meal substitutes in ruminant feed. *Scientific Reports*, 2025; 15(1), 19403. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-99934-5>
18. Ahmed E, Fukuma N, Hanada M, et al. Insects as Novel Ruminant Feed and a Potential Mitigation Strategy for Methane Emissions. *Animals*, 2021; 11(9). <https://doi.org/10.3390/ani11092648>
19. Jayanegara A, Novandri B, Yantina N, Ridla M. Use of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) to substitute soybean meal in ruminant diet: An in vitro rumen fermentation study. *Veterinary World*, 2017; 10(12), 1439–1446. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.1439-1446>
20. Prachumchai R, Cherdthong A. Black Soldier Fly Larva Oil in Diets with Roughage to Concentrate Ratios on Fermentation Characteristics, Degradability, and Methane Generation. *Animals*, 2023; 13(15). <https://doi.org/10.3390/ani13152416>
21. Phowang N, Suntara C, Cherdthong A. Effects of Replacing Soybean Meal With Black Soldier Fly Larvae on In Vitro Gas Production Kinetics, Rumen Fermentation, and Rumen-Abomasum Degradability Using an Ankom Daisyii Incubator. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2025; 110(1), 100–111. <https://doi.org/10.1111/jpn.70022>
22. Stefenoni HA, Räisänen SE, Cueva SF, et al. Effects of the macroalga *Asparagopsis taxiformis* and oregano leaves on methane emission, rumen fermentation, and lactational performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 2021; 104(4), 4157–4173. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19686>
23. Romero P, Belanche A, Jiménez E, et al. Rumen microbial degradation of bromoform from red seaweed (*Asparagopsis taxiformis*) and the impact on rumen fermentation and methanogenic archaea. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 2023; 14(1), 133. <https://doi.org/10.1186/s40104-023-00935-z>
24. Cowley FC, Kinley RD, Mackenzie SL, et al. Bioactive metabolites of *Asparagopsis* stabilized in canola oil completely suppress methane emissions in beef cattle fed a feedlot diet. *Journal of Animal Science*, 2024; 102. <https://doi.org/10.1093/jas/skaf109>
25. Indugu N, Narayan K, Stefenoni HA, et al. Microbiome-informed study of the mechanistic basis of methane inhibition by *Asparagopsis* in dairy cattle. *mBio*, 2024; 15(8), e0078224. <https://doi.org/10.1128/mbio.00782-24>
26. Muizelaar W, Groot M, van Duinkerken G, et al. Safety and Transfer Study: Transfer of Bromoform Present into Milk and Urine of Lactating Dairy Cows. *Foods*, 2021; 10(3). <https://doi.org/10.3390/foods10030584>
27. Ahmed E, Suzuki K, Nishida T. Micro- and Macro-Algae Combination as a Novel Alternative Ruminant Feed with Methane-Mitigation Potential. *Animals*, 2023; 13(5). <https://doi.org/10.3390/ani13050796>
28. Malik PK, Kolte AP, Trivedi S, et al. Anti-Methanogenic Potential of Seaweeds and Impact on Feed Fermentation and Rumen Microbiome In Vitro. *Microorganisms*, 2025; 13(1). <https://doi.org/10.3390/microorganisms13010123>
29. Abbott DW, Aasen IM, Beauchemin KA, et al. Seaweed and Seaweed Bioactives for Mitigation of Enteric Methane: Challenges and Opportunities. *Animals*, 2020; 10(12). <https://doi.org/10.3390/ani10122088>

- org/10.3390/ani10122432
30. Albores-Moreno S, Alayón-Gamboa JA, Miranda-Romero LA, et al. Effect of tree foliage supplementation of tropical grass diet on in vitro digestibility and fermentation, microbial biomass synthesis and enteric methane production in ruminants. *Tropical Animal Health and Production*, 2018; 51(4), 893–904. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1772-7>
 31. Alayón-Gamboa JA, Albores-Moreno S, Jiménez-Ferrer G, et al. Tropical tree foliage supplementation in ruminants improves rumen fermentation and the bacterial profile and decreases methane production. *Animal Biotechnology*, 2023; 34(9), 4510–4522. <https://doi.org/10.1080/10495398.2023.2165935>
 32. Jamarun N, Ikhlās Z, Zain M, et al. Feed wafers from fermented sugarcane tops and *Tithonia diversifolia* with added tapioca starch: Effects on physical quality and in vitro parameters for ruminant feed. *Open Veterinary Journal*, 2024; 14(12), 3599–3613. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2024.v14.i12.41>
 33. Shakeri P, Durmic Z, Vadhanabhuti J, Vercoe PE. Products derived from olive leaves and fruits can alter in vitro ruminal fermentation and methane production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2016; 97(4), 1367–1372. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7876>
 34. Aderao GN, Sahoo A, Bhatt RS, et al. In vitro rumen fermentation kinetics, metabolite production, methane and substrate degradability of polyphenol rich plant leaves and their component complete feed blocks. *Journal of Animal Science and Technology*, 2018; 60, 26. <https://doi.org/10.1186/s40781-018-0184-6>
 35. Pepeta BN, Hassen A, Tesfamariam EH. Quantifying the Impact of Different Dietary Rumen Modulating Strategies on Enteric Methane Emission and Productivity in Ruminant Livestock: A Meta-Analysis. *Animals*, 2024; 14(5). <https://doi.org/10.3390/ani14050763>
 36. Yanza YR, Setiawan MA, Fitri A, et al. Influence of saponin extracts on enteric methane emission and rumen fermentation: a meta-analysis of in vitro experiments. *BMC Veterinary Research*, 2026; 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12917-026-05487-8>
 37. Kozłowska M, Cieślak A, Józwiak A, et al. The effect of total and individual alfalfa saponins on rumen methane production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2020; 100(5), 1922–1930. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10204>
 38. Totakul P, Matra M, Sommai S, Viennasay B, Wanapat M. Combination effects of phytonutrient pellet and lemongrass (*Cymbopogon citratus*) powder on rumen fermentation efficiency and nutrient degradability using in vitro technique. *Tropical Animal Health and Production*, 2024; 56(2), 97. <https://doi.org/10.1007/s11250-024-03936-w>
 39. Verma S, Akpensuen TT, Wolfram S, et al. Investigating the efficacy of purified tannin extracts from underutilized temperate forages in reducing enteric methane emissions in vitro. *Scientific Reports*, 2024; 14(1), 12578. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-63434-9>
 40. Benetel G, Silva TDS, Fagundes GM, et al. Essential Oils as In Vitro Ruminal Fermentation Manipulators to Mitigate Methane Emission by Beef Cattle Grazing Tropical Grasses. *Molecules*, 2022; 27(7). <https://doi.org/10.3390/molecules27072227>
 41. Liu Z, Wang K, Nan X, et al. Effects of combined addition of 3-nitrooxypropanol and vitamin B₁₂ on methane and propionate production in dairy cows by in vitro-simulated fermentation. *Journal of Dairy Science*, 2022; 106(1), 219–232. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22207>
 42. Pang J, Liu L, Liu X, et al. A novel identified *Pseudomonas aeruginosa*, which exhibited nitrate- and nitrite-dependent methane oxidation abilities, could alleviate the disadvantages caused by nitrate supplementation in rumen fluid fermentation. *Microbial Biotechnology*, 2020; 14(4), 1397–1408. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.13726>
 43. Benchaar C, Hassanat F, Côrtes C. Assessment of the Effects of Commercial or Locally Engineered Biochars Produced from Different Biomass Sources and Differing in Their Physical and Chemical Properties on Rumen Fermentation and Methane Production In Vitro. *Animals*, 2023; 13(20). <https://doi.org/10.3390/ani13203280>

44. Maamouri O, Ben Salem M. The effect of live yeast *Saccharomyces cerevisiae* as probiotic supply on growth performance, feed intake, ruminal pH and fermentation in fattening calves. *Veterinary Medicine and Science*, 2021; 8(1), 398–404. <https://doi.org/10.1002/vms3.631>
45. Boğa, M., Avcı, B., C., Kılıç, H., N., Fılık, A. Bazı Baklagil Ağaç Yapraklarının Alternatif Yem Kaynağı Olarak Besin Madde İçerikleri ve Sindirilebilirliklerinin Belirlenmesi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 2022; 25(5): 1191-1197. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.993655>
46. Boğa, M., Kocadayıoğulları, F., Erkan Can, M. Tanenlerin ruminant hayvan beslemede kullanımı. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 2021; 4(4): 217-225. <https://doi: 10.34248/bsengineering.937301>

BİYOAKTİF BİLEŞİKLER ARACILIĞIYLA ALTERNATİF YEMLERİN RASYON KALİTESİ VE SİNDİRİLEBİLİRLİK ÜZERİNE ETKİLERİ

Gürkan SEZMİŞ¹

1. GİRİŞ

Hayvansal protein talebinin dünya genelinde artması, hayvan besleme biliminin önemini her geçen gün artırmaktadır. Nüfus artışı ve gelir düzeyindeki yükselmeye birlikte et, süt ve yumurta tüketimi artarken, bu ürünleri üreten hayvanların beslenmesi için gereken yem hammadde de aynı oranda talep artmaktadır. Sorunun başında, hayvan beslemede kullanılan hammaddelerin önemli bir bölümünün insan gıdasıyla ortak kaynaklardan gelmesidir. Tahıl ve soya başta olmak üzere birçok yem bileşeni, doğrudan insan tüketimine de uygun olduğundan, “yem–gıda rekabeti” olarak adlandırılan bir gerilim ortaya çıkar. Bu rekabet yalnızca ekonomik bir mesele değildir; arazi kullanımı, su tüketimi, ormansızlaşma ve sera gazların çevreye salımı gibi çevresel boyutlarıyla da sürdürülebilirlik tartışmalarının merkezine yerleşmiştir (1).

Son yıllarda yaşanan jeopolitik ve makroekonomik dalgalanmalar, tablonun kırılganlığını daha da görünür kılmıştır. Bölgesel çatışmalar, tedarik zincirlerindeki kopmalar ve enflasyondaki dalgalanmalar, geleneksel yem hammaddelerinin fiyatını ve erişilebilirliğini istikrarsızlaştırmaktadır (1). Bu koşullar altında, insan gıdasıyla rekabet etmeyen; tercihen atık ya da yan ürün niteliğindeki kaynaklardan elde edilen alternatif yemler hem ekonomik hem de ekolojik açıdan giderek daha stratejik bir konuma yükselmiştir. Batı Afrika’da yürütülen kapsamlı bir sistematik derleme, alternatif yem kaynaklarını altı ana grupta toplamıştır: agro-endüstriyel yan ürünler, yem amaçlı ağaçlar, ürün artıkları, böcekler, yem baklagilleri ve deniz yosunları. Aynı çalışmada agro-endüstriyel yan ürünler, incelenen kaynakların yaklaşık yarısını oluşturarak en yaygın kategori olarak öne çıkmıştır (2).

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Yozgat Bozok Üniversitesi, Zootekni Bölümü, gurkan.sezmis@yobu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-8114-2729

Bu tablo ışığında, gelecekteki araştırmalar için birkaç öncelikli yön öne çıkmaktadır. Öncelikle, at ve eşek gibi görece az çalışılmış türlerde *in vitro* bulguların *in vivo* denemelerle doğrulanmasına, doz optimizasyonuna ve uzun süreli mikrobiyota etkilerinin izlenmesine ihtiyaç vardır. İkinci olarak, farklı bileşik sınıflarının birlikte kullanıldığı kombinasyonların sinerjik ve antagonistik etkilerinin sistematik biçimde haritalanması, güvenli ve etkili formülasyonların geliştirilmesi açısından kritik önemdedir. Üçüncü olarak, tür, kaynak ve fizyolojik duruma özgü optimal doz aralıklarının standardize edilmesi ve bu doğrultuda *in vitro-in vivo* korelasyonunu güçlendiren yöntemsel çalışmaların artırılması, alanın güvenilirliğini pekiştirecektir. Son olarak, biyoaktif bileşiklerin yapı-aktivite ilişkilerinin moleküler düzeyde aydınlatılması, gözlenen tutarsız sonuçların açıklanması ve öngörülebilir uygulama stratejilerinin geliştirilmesi bakımından belirleyici olacaktır.

Bu bağlamda, hayvan beslemede kullanım olanağı ile alternatif yemlerdeki biyoaktif bileşikler, rasyon kalitesini ve sindirilebilirliği iyileştirme potansiyeli taşıyan, ancak bu potansiyeli yalnızca uygun koşullar altında açığa çıkaran çok boyutlu araçlardır. Bu bileşiklerin etkin ve güvenli kullanımı; tek bir “en iyi” çözümün aranmasıyla değil, kaynağın kimyasal yapısına, uygulama dozuna, hedef türün sindirim fizyolojisine ve rasyonun bütününe duyarlı, kanıta dayalı ve bütünlük bir yaklaşımla mümkün olacaktır. Bu yaklaşım hem hayvansal üretimin verimliliğini hem de çevresel sürdürülebilirliğini birlikte değerlendiren bir besleme anlayışının temelini oluşturmaktadır.

8. KAYNAKLAR

1. Pexas G, Doherty B, Kyriazakis I. The future of protein sources in livestock feeds: implications for sustainability and food safety. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2023; 7, 1188467. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1188467>
2. Alimi N, Assani AS, Worogo HS. Livestock feed resources used as alternatives during feed shortages and their impact on the environment and ruminant performance in West Africa: a systematic review. *Frontiers in Veterinary Science*, 2024; 11, 1352235. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1352235>
3. Patra AK, Saxena J. Dietary phytochemicals as rumen modifiers: a review of the effects on microbial populations. *Antonie van Leeuwenhoek*, 2009; 96(4), 363–375. <https://doi.org/10.1007/s10482-009-9364-1>
4. Patra AK, Saxena J. The effect and mode of action of saponins on the microbial populations and fermentation in the rumen and ruminant production. *Nutrition Research Reviews*, 2009; 22(2), 204–219. <https://doi.org/10.1017/S0954422409990163>
5. Patra AK, Saxena J. Exploitation of dietary tannins to improve rumen metabolism and ruminant nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2011; 91(1), 24–37. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4152>
6. Boudalia S, Smeti S, Dawit M. Alternative approaches to feeding small ruminants and their potential benefits. *Animals*, 2024; 14(6), 904. <https://doi.org/10.3390/ani14060904>
7. Tedeschi LO, Muir JP, Naumann HD, Nutritional aspects of ecologically relevant phytochemicals in ruminant production. *Frontiers in Veterinary Science*, 2021; 8, 628445. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.628445>

8. Ramdani D, Yuniarti E, Jayanegara A. Roles of essential oils, polyphenols, and saponins of medicinal plants as natural additives and anthelmintics in ruminant diets: a systematic review. *Animals*, 2023; 13(4), 767. <https://doi.org/10.3390/ani13040767>
9. Jayanegara A, Yogianto Y, Wina E. Combination effects of plant extracts rich in tannins and saponins as feed additives for mitigating in vitro ruminal methane and ammonia formation. *Animals*, 2020; 10(9), 1531. <https://doi.org/10.3390/ani10091531>
10. Patra AK, Yu Z. Effects of adaptation of in vitro rumen culture to garlic oil, nitrate, and saponin and their combinations on methanogenesis, fermentation, and abundances and diversity of microbial populations. *Frontiers in Microbiology*, 2015; 6, 1434. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01434>
11. Akanmu AM, Hassen A, van Marle-Köster E. Synergistic effects of bioactive plant extract mixtures on methane reduction and rumen fermentation of *Eragrostis curvula* hay in vitro. *Scientific Reports*, 2025; 15, 34878. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-16544-x>
12. Calsamiglia S, Busquet M, Cardozo PW. Invited review: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. *Journal of Dairy Science*, 2007; 90(6), 2580–2595. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-644>
13. Oskoueian E, Abdullah N, Oskoueian A. Effects of flavonoids on rumen fermentation activity, methane production, and microbial population. *BioMed Research International*, 2013; 2013, 349129. <https://doi.org/10.1155/2013/349129>
14. Priyashantha H, Jayathissa IS, Vidanarachchi JK. Phytochemicals in ruminant diets: mechanistic insights, product quality enhancement, and pathways to sustainable milk and meat production—invited review. *Animals*, 2026; 16(3), 425. <https://doi.org/10.3390/ani16030425>
15. Torres RNS, Paludo CG, Paschoaloto J. Effects of tannins supplementation to sheep diets on their performance, carcass parameters and meat fatty acid profile: a meta-analysis study. *Small Ruminant Research*, 2021; 206, 106585. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106585>
16. Al Rharad A, El Aayadi S, Avril C. Meta-analysis of dietary tannins in small ruminant diets: effects on growth performance, serum metabolites, antioxidant status, ruminal fermentation, meat quality, and fatty acid profile. *Animals*, 2025; 15(4), 596. <https://doi.org/10.3390/ani15040596>
17. Yanza YR, Irawan A, Jayanegara A. Saponin extracts utilization as dietary additive in ruminant nutrition: a meta-analysis of in vivo studies. *Animals*, 2024; 14(8), 1231. <https://doi.org/10.3390/ani14081231>
18. Abdelli N, Solà-Oriol D, Pérez JF. Phytogenic feed additives in poultry: achievements, prospective and challenges. *Animals*, 2021; 11(12), 3471. <https://doi.org/10.3390/ani11123471>
19. Dehghan H, Moghaddaszadeh-Ahrabi S, Hashemzadeh-Farhang H. Synergistic effects of Ferula asafoetida extract and condensed tannins from raisin pomace on in vitro cecal fermentation kinetics and nutrient digestibility in horses. *Veterinary World*, 2026; 19(3), 905-919. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2026.905-919>
20. Yang K, Chen Y, Wang K. Evaluating the effects of tannic acid on rabbit growth performance, digestibility, antioxidant status, intestinal morphology and caecal fermentation and microbiota. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2024; 108(2), 414–422. <https://doi.org/10.1111/jpn.13903>
21. Hassan ZM, Manyelo TG, Selaledi L. The effects of tannins in monogastric animals with special reference to alternative feed ingredients. *Molecules*, 2020; 25(20), 4680. <https://doi.org/10.3390/molecules25204680>
22. Balcells J, Aris A, Serrano A. Effects of an extract of plant flavonoids (Bioflavex) on rumen fermentation and performance in heifers fed high-concentrate diets. *Journal of Animal Science*, 2012; 90(13), 4975–4984. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4955>
23. Dorantes-Iturbide G, Orzuna-Orzuna JF, Lara-Bueno A. Essential oils as a dietary additive for small ruminants: a meta-analysis on performance, rumen parameters, serum metabolites, and

- product quality. *Veterinary Sciences*, 2022; 9(9), 475. <https://doi.org/10.3390/vetsci9090475>
24. Irawan A, Hidayat C, Jayanegara A. Essential oils as growth-promoting additives on performance, nutrient digestibility, cecal microbes, and serum metabolites of broiler chickens: a meta-analysis. *Animal Bioscience*, 2021; 34(9), 1499–1513. <https://doi.org/10.5713/ab.20.0668>
 25. Hidayat C, Irawan A, Jayanegara A. Effect of dietary tannins on the performance, lymphoid organ weight, and amino acid ileal digestibility of broiler chickens: a meta-analysis. *Veterinary World*, 2021; 14(6), 1405–1411. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.1405-1411>
 26. Boğa, M., Kocadayıoğulları, F., Erkan Can, M. Tanenlerin ruminant hayvan beslemede kullanımı. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 2021; 4(4), 217-225. <https://doi.org/10.34248/bsengineering.937301>.
 27. Kılıç, H. N., Boğa, M. Reducing Methane Emissions with Animal Feeding Strategies. *Turkish Journal of Agriculture- Food Science and Technology*, 2021; 9(9), 1700–1713. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i9.1700-1713.4446>

FONKSİYONEL YEM KAYNAKLARININ İN VİVO SİNDİRİM KİNETİĞİ, METABOLİK PROFİL VE HAYVAN SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİLERİ

Salih ÇELİK¹

1. GİRİŞ

Küresel düzeyde artan nüfus, doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı giderek artırmakta ve bu kaynaklara erişimi her geçen gün zorlaştırmaktadır; Birleşmiş Milletler verilerine göre 2050 yılına kadar dünya nüfusunun 9,8 milyarı aşması beklenmektedir (1). Dünya nüfusunun hızla artması, gıda güvenliğinin dünya genelinde sağlanmasını giderek daha ciddi bir sorun hâline getirmektedir. Benzer şekilde, gıda talebinin özellikle hayvansal kökenli ürünlerde 2050 yılına kadar %60'ın üzerinde artacağı bildirilmektedir (2). Gıda güvenliği açısından bir diğer önemli risk, insan ve hayvan beslenmesinde kullanılan mısır, buğday ve soya gibi temel ürünlerde yaşanan rekabetçi koşullar ve bu ürünlere yönelik tüketim baskısıdır. Bu durum, hayvan besleme biliminin kapsamını ve sorumluluk alanını genişletmektedir. Günümüzde hayvan besleme bilimi, yalnızca hayvanların besin maddesi gereksinimlerinin karşılanmasına yönelik bir alan olmaktan çıkmış; hayvan sağlığının korunması, fizyolojik işlevlerin desteklenmesi ve bu amaçlarla biyoaktif bileşenlerden yararlanılmasını kapsayan daha bütüncül ve yenilikçi beslenme yaklaşımlarına yönelmiştir. Bu yaklaşımların temelinde, hayvanların daha düşük maliyetle beslenerek daha yüksek verim elde edilmesi yer alır. Hayvan besleme biliminde hayvan yemlerine katılan yem katkı maddeleri uzun yıllardır bu amaç doğrultusunda kullanım alanı bulmuştur.

Yem katkı maddeleri, hayvan besleme alanında yemlerin besleyici değerini, fiziksel ve kimyasal özelliklerini, hayvan performansını, sağlık durumunu ve üretim verimliliğini iyileştirmek amacıyla yemlere düşük miktarlarda ilave edilen maddeler olarak tanımlanmaktadır(3). Yem katkı maddelerinin kapsamı ve tanımı zaman içerisinde önemli değişiklikler göstermiş; başlangıçta yalnızca besleyici olmayan maddeleri kapsayan tanım,

¹ Dr., Tokat İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, celik60vet@gmail.com, ORCID iD: 0000-0002-9784-5469
DOI: 10.37609/akya.4339.c20391

yönelik araştırmalara ihtiyaç devam etmektedir. Bu tür çalışmaların yaygınlaşması, hayvan sağlığını koruyan, antibiyotik kullanımını azaltan ve üretimde kaynakların daha etkin kullanılmasını sağlayan besleme uygulamalarının geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

4. KAYNAKLAR

1. Kholif, Ahmed E.; Anele, Anuoluwapo; Anele, Uchenna Y. Microbial feed additives in ruminant feeding. *AIMS microbiology*, 2024, doi: 10.3: 542. 10.3934/microbiol.2024026
2. Park, Sang-O., et al. Application strategy for sustainable livestock production with farm animal algorithms in response to climate change up to 2050: A review. *Czech Journal of Animal Science*, 2022, 67.11: 425-441.doi: 10.17221/172/2022-CJAS
3. European Commission. Feed additives. (07/08/2026 tarihinde https://food.ec.europa.eu/food-safety/animal-feed/feed-additives_en adresinden ulaşılmıştır).
4. FAO. Environmental performance of feed additives in livestock supply chains: Guidelines for assessment. (07/08/2026 tarihinde <https://doi.org/10.4060/ca9744en> adresinden ulaşılmıştır).
5. Perera, W. Nipuna U.; Ravindran, Velmurugu. Role of feed additives in poultry nutrition: Historical, current and future perspectives. *Animal Feed Science and Technology*, 2025, 326: 116371.doi: 10.1016/j.anifeeds.2025.116371
6. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. (2013). Hayvan Beslemede Kullanılan Yem Katkı Maddeleri Hakkında Yönetmelik. Resmi Gazete (Sayı: 28711, 18 Temmuz 2013).
7. Dell'Anno, M. (2023). Functional feed additives for animal health.
8. Erickson PS, Kalscheur KF (2020). Nutrition and feeding of dairy cattle. *Animal Agriculture* 9:157-180. doi.org/10.1016/B978-0-12-817052-6.00009-4
9. Ndudzo, A., Pullen, J., Magwaba, T., Ndlovu, S., Moyo, M., Sibanda, S., ... & Mugoti, A. (2023). Incorporation of functional feed ingredients to substitute antimicrobials in animal nutrition: Opportunities for livestock production in developing countries. *International Journal of Livestock Production*, 14(2), 44-57. doi: 10.5897/IJLP2023.0820
10. Buonaiuto, G., Danese, T., El-Sabrou, K., & Yıldırım, A. (2025). Bioactive feed additives in animal nutrition: bridging innovation, health, and sustainability. *Frontiers in Veterinary Science*, 12, 1727126. doi.org/10.3389/fvets.2025.1727126
11. Nagpal, R., Shrivastava, B., Kumar, N., Dhewa, T., Sahay, H. (2015). Microbial Feed Additives. In: Puniya, A., Singh, R., Kamra, D. (eds) *Rumen Microbiology: From Evolution to Revolution*. Springer, New Delhi. Doi: 10.1007/978-81-322-2401-3_12
12. Anee, I.J., Alam, S., Begum, R.A. et al. The role of probiotics on animal health and nutrition. *JoBAZ* 82, 52 (2021). Doi:10.1186/s41936-021-00250-x
13. Moritz, J. S., Wilson, K. J., Cramer, K. R., Beyer, R. S., McKinney, L. J., Cavalcanti, W. B., & Mo, X. (2002). Effect of formulation density, moisture, and surfactant on feed manufacturing, pellet quality, and broiler performance. *Journal of Applied Poultry Research*, 11(2), 155-163. Doi: org/10.1093/japr/11.2.155
14. Hasan, K.N., Banerjee, G. Recent studies on probiotics as beneficial mediator in aquaculture: a review. *JoBAZ* 81, 53 (2020). doi.org/10.1186/s41936-020-00190-y
15. Bhogoju, S., & Nahashon, S. (2022). Recent advances in probiotic application in animal health and nutrition: A review. *Agriculture*, 12(2), 304. doi: 10.3390/agriculture12020304
16. Akdemir Evrendilek G. Postbiotics and Phytochemicals as Functional Feed Additives: Impact on Gut Health and Growth Performance. *Applied Sciences*. 2026; 16(3):1518. Doi: 10.3390/app16031518
17. Patra, A.K., Saxena, J. Dietary phytochemicals as rumen modifiers: a review of the effects on microbial populations. *Antonie van Leeuwenhoek* 96, 363–375 (2009). Doi:10.1007/s10482-

009-9364-1

18. Thi, H. H. P., Thi, T. V. P., Huynh, N. P., Doan, V., Onoda, S., & Nguyen, T. L. (2022). Therapeutic effect of heat-killed *Lactobacillus plantarum* L-137 on the gut health and growth of broilers. *Acta tropica*, 232, 106537. doi: 10.1016/j.actatropica.2022.106537
19. Greathead H. Plants and plant extracts for improving animal productivity. *Proceedings of the Nutrition Society*. 2003;62(2):279-290. doi:10.1079/PNS2002197
20. Abdelli N, Solà-Oriol D, Pérez JF. Phytogetic Feed Additives in Poultry: Achievements, Prospective and Challenges. *Animals*. 2021; 11(12):3471. Doi: 10.3390/ani11123471
21. W. Windisch, K. Schedle, C. Plitzner, A. Kroismayr, Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry, *Journal of Animal Science*, Volume 86, Issue suppl_14, April 2008, Pages E140–E148, doi:10.2527/jas.2007-0459
22. Wang, J., Deng, L., Chen, M., Che, Y., Li, L., Zhu, L., ... & Feng, T. (2024). Phytogetic feed additives as natural antibiotic alternatives in animal health and production: A review of the literature of the last decade. *Animal Nutrition*, 17, 244-264. doi: 10.1016/j.aninu.2024.01.012
23. Budiastruti, B., Khairullah, A. R., Moses, I. B., Effendi, M. H., Pratama, B. P., Tyasningsih, W., ... & Yuri, A. J. B. (2026). Potential use of phytobiotics as an alternative to antibiotics in livestock. *Journal of Advanced Veterinary Research*, 16(2), 301-312.
24. Aminullah, N., Mostamand, A., Zahir, A., Mahaq, O., & Azizi, M. N. (2025). Phytogetic feed additives as alternatives to antibiotics in poultry production: A review. *Veterinary World*, 18(1), 141. doi: 10.14202/vetworld.2025.141-154
25. Dong Z, Liu Z, Xu Y, Tan B, Sun W, Ai Q, Yang Z and Zeng J (2024) Potential for the development of *Taraxacum mongolicum* aqueous extract as a phytogetic feed additive for poultry. *Front. Immunol.* 15:1354040. doi: 10.3389/fimmu.2024.1354040
26. Mnisi, C. M., Mlambo, V., Gila, A., Matabane, A. N., Mthiyane, D. M., Kumanda, C., ... & Gajana, C. S. (2022). Antioxidant and antimicrobial properties of selected phytogetics for sustainable poultry production. *Applied Sciences*, 13(1), 99. Doi: 10.3390/app13010099
27. Abou-Elkhair, R., Selim, S., & Hussein, E. (2018). Effect of supplementing layer hen diet with phytogetic feed additives on laying performance, egg quality, egg lipid peroxidation and blood biochemical constituents. *Animal nutrition*, 4(4), 394-400. doi:10.1016/j.aninu.2018.05.009
28. Abdelli, N., Solà-Oriol, D., & Pérez, J. F. (2021). Phytogetic feed additives in poultry: achievements, prospective and challenges. *Animals*, 11(12), 3471. Doi: 0.3390/ani11123471
29. Cristea, V., Antache, A., Grecu, I., Docan, A., Dediu, L., & Mocanu, M. (2012). The use of phytobiotics in aquaculture.
30. Caipang, C. M. A. (2020). Phytogetics in aquaculture: a short review of their effects on gut health and microflora in fish. *The Philippine Journal of Fisheries*, 27(2), 11-22. doi: 10.31398/tpjf/27.2.2020-0006
31. Zaynab, M., Fatima, M., Abbas, S., Sharif, Y., Umair, M., Zafar, M. H., & Bahadar, K. (2018). Role of secondary metabolites in plant defense against pathogens. *Microbial pathogenesis*, 124, 198-202. doi:10.1016/j.micpath.2018.08.034
32. Rahul Sandeep, T., Sravya, M.V.N. & Simhachalam, G. Phytobiotics in finfish and shellfish: a systematic review. *Discov Anim* 2, 74 (2025). Doi:10.1007/s44338-025-00098-3
33. Zaikina, A. S., Buryakov, N. P., Buryakova, M. A., Zagarin, A. Y., Razhev, A. A., & Aleshin, D. E. (2022). Impact of supplementing phytobiotics as a substitute for antibiotics in broiler chicken feed on growth performance, nutrient digestibility, and biochemical parameters. *Veterinary Sciences*, 9(12), 672. doi: 10.3390/vetsci9120672
34. Hashemi, S.R., Davoodi, H. Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition. *Vet Res Commun* 35, 169–180 (2011). <https://doi.org/10.1007/s11259-010-9458-2>
35. Lin, Z. N., Ye, L., Li, Z. W., Huang, X. S., Lu, Z., Yang, Y. Q., ... & Ying, Z. Y. (2020). Chinese herb feed additives improved the growth performance, meat quality, and nutrient digestibility

- lity parameters of pigs. *Animal models and experimental medicine*, 3(1), 47-54. Doi: 10.1002/ame2.12104
36. Kuralkar, P., & Kuralkar, S. V. (2021). Role of herbal products in animal production–An updated review. *Journal of Ethnopharmacology*, 278, 114246. Doi: 10.1016/j.jep.2021.114246
 37. Palangi, V., & Lackner, M. (2022). Management of enteric methane emissions in ruminants using feed additives: A review. *Animals*, 12(24), 3452. doi: 10.3390/ani12243452
 38. Desnoyers, M., Giger-Reverdin, S., Bertin, G., Duvaux-Ponter, C., & Sauvant, D. (2009). Meta-analysis of the influence of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on ruminal parameters and milk production of ruminants. *Journal of Dairy Science*, 92(4), 1620-1632. Doi: 10.3168/jds.2008-1414
 39. Ricke, S. C., Dittoe, D. K., & Richardson, K. E. (2020). Formic acid as an antimicrobial for poultry production: A review. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 563. Doi: 10.3389/fvets.2020.00563
 40. Zhang Q, Guo S, Yi D, Hou Y. Impact of functional lipids on intestinal health in swine and poultry. *Animal Nutriomics*. 2025;2:e21. doi:10.1017/anr.2025.10012
 41. Zeng, X., Li, S., Liu, L. et al. Role of functional fatty acids in modulation of reproductive potential in livestock. *J Animal Sci Biotechnol* 14, 24 (2023). Doi:10.1186/s40104-022-00818-9
 42. Moreno, AA, Parker, VJ, Winston, JA, & Rudinsky, AJ (2022). Dietary fiber aids in the management of canine and feline gastrointestinal diseases. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 260 (S3), pp. 33-pp. 45.doi: 10.2460/javma.22.08.0351
 43. Margerison, J. (2026). Macronutrients. In J. M. Brameld, S. Athanasiadou, D. A. Kenny, & S. A. Lanham (Eds.), *Animal Nutrition* (1). Wiley and Sons, Ltd ISBN: 9781119852728
 44. Kazemi, M. Algae as a sustainable feed resource: revolutionizing animal nutrition. *Aquacult Int* 33, 535 (2025). Doi: 10.1007/s10499-025-02195-2
 45. Kholif, A. E., Gouda, G. A., Olafadehan, O. A., Sallam, S. M., & Anele, U. Y. (2025). Acidifiers and organic acids in livestock nutrition and health. In *Organic Feed Additives for Livestock* (pp. 43-56). **Academic Press**. doi: 10.1016/B978-0-443-13510-1.00003-7
 46. Amaro, H. M., Guedes, A. C., & Malcata, F. X. (2011). Antimicrobial activities of microalgae: An invited review. *Science against microbial pathogens: communicating current research and technological advances*, 2, 1272-1284.
 47. Michalak, M., Wojnarowski, K., Cholewińska, P., Szeligowska, N., Bawej, M., & Pacoń, J. (2021). Selected alternative feed additives used to manipulate the rumen microbiome. *Animals*, 11(6), 1542. doi: 10.3390/ani11061542
 48. Ferreira, M., Teixeira, C., Abreu, H. et al. Nutritional value, antimicrobial and antioxidant activities of micro- and macroalgae, single or blended, unravel their potential use for aquafeeds. *J Appl Phycol* 33, 3507–3518 (2021). doi:10.1007/s10811-021-02549-2

FONKSİYONEL VE ALTERNATİF YEMLERİN BÜYÜKBAŞ HAYVAN YETİŞTİRME SİSTEMLERİNDE PERFORMANS, SAĞLIK VE ÜRETİM VERİMLİLİĞİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Hatice Nur KILIÇ ÖZEL ¹

Mustafa BOĞA ²

1. GİRİŞ

Büyükbaş hayvancılık, dünya genelinde gıda güvenliğinin sağlanmasında ve insan beslenmesinde kritik rol oynamaktadır. Süt ve et üretimi yoluyla yüksek kaliteli protein kaynağı sunan bu sektör, aynı zamanda kırsal kalkınma ve istihdam açısından da büyük önem taşımaktadır. Artan küresel nüfus ve değişen tüketim alışkanlıkları karşısında hayvansal üretime yönelik talep sürekli artmakta, bu durum da üretim verimliliğinin optimize edilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır (1). Hayvancılık işletmelerinde toplam üretim maliyetlerinin %60-70'ini oluşturan yem girdileri, karlılığı doğrudan etkileyen en önemli faktör olarak değerlendirilmektedir (2, 3, 4). Bu nedenle, besleme stratejilerinin bilimsel veriler ışığında optimize edilmesi hem ekonomik sürdürülebilirlik hem de üretim performansının artırılması açısından hayati önem taşımaktadır.

Geleneksel besleme yaklaşımları temel besin maddelerinin karşılanmasına odaklanırken, modern hayvancılık sistemleri hayvan sağlığının korunması, hastalıklara karşı direncin artırılması ve çevresel etkilerin en aza indirilmesi gibi çok boyutlu hedefleri kapsamaktadır. Bu nedenle, fonksiyonel yem katkıları ve alternatif yem kaynaklarının kullanımı, sürdürülebilir hayvancılık pratiklerinin vazgeçilmez bileşenleri haline gelmiştir. Özellikle antibiyotik büyüme destekleyicilerinin kullanımına getirilen kısıtlamalar sonrasında, doğal ve fonksiyonel yem katkılarına olan ilgi belirgin şekilde artmıştır (5). Probiyotikler, prebiyotikler, enzimler, organik asitler ve fitobiyotikler gibi fonksiyonel bileşenlerin ras-

¹ Öğr. Gör., Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, haticenurkilog@ohu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-9131-4010

² Prof. Dr., Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Bor Meslek Yüksek Okulu, Gıda İşleme Bölümü, mboga@ohu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-8277-9262

etmektedir. Bununla birlikte, üretici düzeyinde uygulanabilirliği yüksek, bölgesel koşullara uygun besleme modellerinin geliştirilmesi, sürdürülebilir hayvancılık sistemlerinin yaygınlaştırılmasına katkı sağlayacaktır.

10. KAYNAKLAR

1. Mahesh MS, Yata VK, editors. Feed additives and supplements for ruminants. Springer, 2024; <https://doi.org/10.1007/978-981-97-0794-2>
2. Boğa M, Çevik KK. Ruminant hayvanlar için karma yem hazırlama programı. XIV. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri. Uşak: Uşak Üniversitesi; 2012; 249-256.
3. Kılıç Ü, Boğa M, Görgülü M. Ruminantlarda verim performansı üzerine etkili yem katkı maddeleri. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*. 2014; 9(2):124-133.
4. Boğa M, Kılıç HN, Boğa DÇ, Varış CG. Maralfalfa'nın (*Pennisetum Sp.*) ruminant hayvan beslemede kullanımı. In: Tarım, Orman ve Su Bilimlerinde Öncü ve Çağdaş Çalışmalar. Duvar Yayınları, 2023; 191-205.
5. Kocaoğlu Güçlü B, Kara K. Ruminant beslemede alternatif yem katkı maddelerinin kullanımı: 1. Probiyotik, prebiyotik ve enzim. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 2009; 6(1):65-75.
6. Sezen AG. Probiyotik, probiyotik ve sinbiyotiklerin insan ve hayvan sağlığı üzerine etkileri. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*. 2013; 8(3):248-258.
7. Kocaoğlu Güçlü B, Kara K. Ruminant beslemede alternatif yem katkı maddelerinin kullanımı: 2. Organik asit, yağ asiti, adsorban. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 2010; 7(1):43-52.
8. Canbolat Ö, Kalkan H, Karaman Ş, Filya İ. Esansiyel yağların sindirim, rumen fermentasyonu ve mikrobiyal protein üretimi üzerine etkileri. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 2011; 17(4):557-565.
9. Gümüş R, İmİK H. Saponinlerin hayvan beslemede yem katkı maddesi olarak kullanımı. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*. 2012; 7(3):221-229.
10. Temel S, Keskin B, Şimşek U, Yılmaz İH. Alternatif yem kaynağı olarak selvi sirken bitkisinde farklı ekim ve hasat dönemlerinin ot verim ve bazı verim bileşenlerine etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*. 2022; 8(1):104-115. <https://doi.org/10.24180/ijaws.1059666>
11. Öztürk YE, Gülümser E, Mut H, Doğrusöz MÇ, Başaran U. Ökse otu (*Viscum album L.*)'nın yem kalitesinin belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*. 2020; 7(2):201-206. <https://doi.org/10.19159/tutad.731121>
12. Gül H, Avcı M, Kaplan O. Bazı kaba yemlere çörek otu, kekik otu ve yağları ilavesinin *in vitro* organik madde sindirimi ve metan üretimi üzerine etkileri. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 2017; 6(2):167-173. <https://doi.org/10.31196/huvfd.390220>
13. Ayaşan T. Korunmuş yağların hayvan beslemede kullanımı. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*. 2011; 6(1):55-64.
14. Kılıç HN, Boğa M. Hayvan besleme stratejileri ile metan emisyonunun azaltılması. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*. 2021; 9(9):1700-1713. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i9.1700-1713.4446>
15. Çanga Boğa D, Boğa M. Çiftlik hayvanları beslemenin sürdürülebilirliği. In: Çiftlik Hayvanlarında Beslenmenin Ekonomik Analizi. Necmettin Erbakan Üniversitesi Yayınları, 2025.
16. Azlan PM, Jahromi MF, Ariff MO, Ebrahimi M, Candyrine SCL, Liang JB. *Aspergillus terreus* treated rice straw suppresses methane production and enhances feed digestibility in goats. *Tropical Animal Health and Production*. 2018; 50:565-571. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1470-x>
17. Michalak M, Wojnarowski K, Cholewińska P, Szeligowska N, Baweł J, Pachoń J. Selected alternative feed additives used to manipulate the rumen microbiome. *Animals*. 2021; 11(6):1542. <https://doi.org/10.3390/ani11061542>

18. Diler A. Probiyotik + Enzim Kombinasyonunun Esmer ırk buzağılarda Yemden Yararlanma ve Büyüme Performansı Üzerine Etkileri [Yüksek Lisans Tezi]. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007. 94 s.
19. Bulgariu L. Efficient use of algae biomass loaded with essential metal ions in the manufacture of feed additives. *Journal of Applied Phycology*. 2020; 32:1779-1788. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02115-2>
20. Choi YY, Shin NH, Lee SJ, Lee YJ, Kim HS, Eom JS. *In vitro* five brown algae extracts for efficiency of ruminal fermentation and methane yield. *Journal of Applied Phycology*. 2021; 33:1253-1262. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02361-4>
21. Lee SJ, Shin NH, Jeong JS, Kim ET, Lee SK, Lee ID. Effects of Gelidium amansii extracts on *in vitro* ruminal fermentation characteristics, methanogenesis, and microbial populations. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2018; 31(1):71-79. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0619>
22. Altomonte I, Salari F, Licitra R, Martini M. Use of microalgae in ruminant nutrition and implications on milk quality—A review. *Livestock Science*. 2018; 214:25-35. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.05.006>
23. Abdelsattar MM, Zhao W, Diaby M, Vargas-Bello-Pérez E, Zhang N. Recent nutritional strategies and feed additives to stimulate proper rumen development in young goats. *Translational Animal Science*. 2025; 9:txae164. <https://doi.org/10.1093/tas/txae164>.
24. Silvestre AM, Souza JM, Millen DD. Adoption of adaptation protocols and feed additives to improve performance of feedlot cattle. *Journal of Applied Animal Research*. 2023; 51(1):282-299. <https://doi.org/10.1080/09712119.2023.2191679>
25. Botsoglou NA, Florou-Paneri P, Christaki E, Fletouris DJ, Spais AB. Effect of dietary oregano essential oil on performance of chickens and on iron-induced lipid oxidation of breast, thigh and abdominal fat tissues. *British Poultry Science*. 2002; 43(2):223-230. <https://doi.org/10.1080/00071660120121436>
26. Gadeyne F, De Neve N, Vlaeminck B, Fievez V. State of the art in rumen lipid protection technologies and emerging interfacial protein cross-linking methods. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2017; 119(5):1600345. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201600345>
27. Parra FS, Ronchesel JR, Martins CL, Perdigão A, Cônsolo NRB, Factori MA. Feedlot performance, feeding behavior, carcass and rumen morphometrics characteristics of Nelore cattle submitted to strategic diets prior the adaptation period. *Livestock Science*. 2020;234:103985. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.103985>
28. Wood JD, Enser M, Fisher AV, Nute GR, Sheard PR, Richardson RI. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*. 2008; 78(4):343-358. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.019>
29. Callaway TR, Lillehoj H, Chuanchuen R, Gay CG. Alternatives to antibiotics: A symposium on the challenges and solutions for animal health and production. *Antibiotics*. 2021;10(5):471. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10050471>
30. Windisch W, Schedle K, Plitzner C, Kroismayr A. Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of Animal Science*. 2008; 86(14 Suppl):E140-E148. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0459>
31. Brenes A, Roura E. Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action. *Animal Feed Science and Technology*. 2010; 158(1-2):1-14. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2010.03.007>
32. Wong JW, Hashimoto K, Shibamoto T. Antioxidant activities of rosemary and sage extracts and vitamin E in a model meat system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1995; 43(10):2707-2712. <https://doi.org/10.1021/jf00058a029>
33. Djenane D, Sánchez-Escalante A, Beltrán JA, Roncalés P. Extension of the shelf life of beef steaks packaged in a modified atmosphere by treatment with rosemary and displayed under UV-free lighting. *Meat Science*. 2003; 64(4):417-426. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00210-3](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00210-3)
34. Nieto G, Ros G, Castillo J. Antioxidant and antimicrobial properties of rosemary (*Rosmarinus officinalis*, L.): A review. *Medicines*. 2018; 5(3):98. <https://doi.org/10.3390/medicines5030098>

35. Vasta V, Luciano G. The effects of dietary consumption of plants secondary compounds on small ruminants' products quality. *Small Ruminant Research*. 2011;101(1-3):150-159. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.09.035>
36. Mucha W, Witkowska D. The applicability of essential oils in different stages of production of animal-based foods. *Molecules*. 2021;26(13):3798. <https://doi.org/10.3390/molecules26133798>
37. AlSuwaiegh SB, Almotham AM, Alyousef YM, Mansour AT, Al-Sagheer AA. Influence of functional feed supplements on the milk production efficiency, feed utilization, blood metabolites, and health of Holstein cows during mid-lactation. *Sustainability*. 2022; 14(14):8444. <https://doi.org/10.3390/su14148444>
38. Tekeli A, Bilgeçli K, Farsak E. Süt sığırları rasyonlarına ilave edilen Diamond V XP (*Saccharomyces cerevisiae*) tam maya ürününün süt verimi ve süt yağı üzerine etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*. 2013; 23(3):256-263.
39. Desnoyers M, Giger-Reverdin S, Bertin G, Duvaux-Ponter C, Sauvant D. Meta-analysis of the influence of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on ruminal parameters and milk production of ruminants. *Journal of Dairy Science*. 2009;92(4):1620-1632. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1414>
40. Golbotteh MM, Malecky M, Aliarabi H, Zamani P. Impact of oil type and savory plant on nutrient digestibility and rumen fermentation, milk yield, and milk fatty acid profile in dairy cows. *Scientific Reports*. 2024; 14:22427. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-73138-9>
41. Şahan Z. Bazı bitki uçucu yağlarının enerji, protein ve lif kaynağı yemlerin *in vitro* gerçek sindirilebilirliğine ve yüksek verimli süt sığırlarında süt verimi ve süt kompozisyonlarına etkileri [Doktora Tezi]. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012.
42. Konca Y. Süt sığırları rasyonlarında ilave yağ kullanımının ruminal fermentasyon ve süt kompozisyonuna etkileri. Türkiye Süt Sığırclılığı Kurultayı Bildirisi, 2007.
43. Ergül Ş, Ergül A, Göncü S. Süt sığırlarında besleme stratejilerinin süt verimi ve süt kompozisyonu üzerine etkileri. *International Journal of Eastern Mediterranean Agricultural Research*. 2019; 2(2):145-165.
44. Chandra G, Aggarwal A, Kumar M, Singh AK. Effect of zinc and vitamin E supplementation on hormones and blood biochemicals in peri-partum Sahiwal cows. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2018; 50:489-497. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2018.02.015>
45. BenSouf I, Saidani M, Maazoun A, Bejaoui B, Larbi MB, M'Hamdi N. Use of natural biomolecules in animal feed to enhance livestock reproduction. *International Journal of Molecular Sciences*. 2025; 26(5):2328. <https://doi.org/10.3390/ijms26052328>
46. Leroy JLMR, Opsomer G, Van Soom A, Goovaerts IGF, Bols PEJ. Reduced fertility in high-yielding dairy cows: Are the oocyte and embryo in danger? Part I: The importance of negative energy balance and altered corpus luteum function to the reduction of oocyte and embryo quality in high-yielding dairy cows. *Reproduction in Domestic Animals*. 2008; 43(5):612-622. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2007.00960.x>
47. Butler WR. Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livestock Production Science*. 2003; 83(2-3):211-218. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(03\)00112-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(03)00112-X)
48. Fouladi-Nashta AA, Gutierrez CG, Gong JG, Garnsworthy PC, Webb R. Impact of dietary fatty acids on oocyte quality and development in lactating dairy cows. *Biology of Reproduction*. 2007; 77(1):9-17. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.106.058578>
49. Zhang F, Nan X, Wang H, Zhao Y, Guo Y, Xiong B. Effects of propylene glycol on negative energy balance of postpartum dairy cows. *Animals*. 2020; 10(9):1526. <https://doi.org/10.3390/ani10091526>
50. Genís S, Bach À, Fàbregas F, Arís A. Potential of lactic acid bacteria at regulating *Escherichia coli* infection and inflammation of bovine endometrium. *Theriogenology*. 2016; 85(4):625-637. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.09.054>
51. Deng Q, Odhiambo JF, Farooq U, Lam T, Dunn SM, Ametaj BN. Intravaginal lactic acid bacteria modulated local and systemic immune responses and lowered the incidence of uterine infections in periparturient dairy cows. *PLoS One*. 2015; 10(4):e0124167. <https://doi.org/10.1371/>

- journal.pone.0124167
52. Krehbiel CR, Rust SR, Zhang G, Gilliland SE. Bacterial direct-fed microbials in ruminant diets: Performance response and mode of action. *Journal of Animal Science*. 2003; 81(E Suppl 2):E120-E132. https://doi.org/10.2527/2003.8114_suppl_2E120x
 53. Ametaj BN, Iqbal S, Selami F, Odhiambo JF, Wang Y, Gänzle MG, et al. Intravaginal administration of lactic acid bacteria modulated the incidence of purulent vaginal discharges, plasma haptoglobin concentrations, and milk production in dairy cows. *Research in Veterinary Science*. 2014;96(2):365-370. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2014.02.007>
 54. Geniş S, Cerri RLA, Bach A, Silper BF, Baylao M, Denis-Robichaud J. Pre-calving intravaginal administration of lactic acid bacteria reduces metritis prevalence and regulates blood neutrophil gene expression after calving in dairy cattle. *Frontiers in Veterinary Science*. 2018; 5:135. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00135>
 55. Koçyiğit R, Tüzemen N. İki farklı yaşta besiye alınan Esmer tosunlarda probiyotik-enzim uygulamasının besi performansı ve yemden yararlanma özelliklerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2012; 9(1):45-50.
 56. Stackhouse KR, Rotz CA, Oltjen JW, Mitloehner FM. Growth-promoting technologies decrease the carbon footprint, ammonia emissions, and costs of California beef production systems. *Journal of Animal Science*. 2012; 90(12):4656-4665. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4654>
 57. Köknaroglu H, Akünal T. Küresel ısınmada hayvancılığın payı ve zootechnist olarak bizim rolümüz. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2010; 5(1):67-75.
 58. de Vries M, de Boer IJM. Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. *Livestock Science*. 2010; 128(1-3):1-11. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.11.007>
 59. McAuliffe GA, Takahashi T, Lee MRF. Framework for life cycle assessment of livestock production systems to account for the nutritional quality of final products. *Animal*. 2018; 12(8):1755-1764. <https://doi.org/10.1017/S1751731117003332>
 60. İpek D, Arıkan MS. Hayvansal gıda üretiminde su ayak izinin değerlendirilmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 2025; 8(2):970-984.
 61. Aras İ. Damla sulama yöntemi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*. 2006; 15(1-2):49-60.
 62. Kılıç HN, Gülek E, Göbelek A. Physicochemical analysis of ruminant drinking water quality in some farms in the Karaman, Kayseri, Konya, and Niğde region. *Hayvan Bilimi ve Ürünleri Dergisi*. 2025; 8(2):110-126.
 63. Hacısalihoğlu S. Hayvansal kaynaklı yayılı kirlilik yükleri hesabı, Bursa örneği. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*. 2022; 27(1):361-374.
 64. Manav N, Ölmez E, Karadağ D. Evsel atıksulardan azot ve fosforun biyolojik giderilme yöntemleri. *Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*. 2018; 1(2):78-92.
 65. Ertuğrul M, Dellal G, Elmacı C, Akın AO, Pehlivan E, Soysal Mİ. Hayvan genetik kaynaklarının muhafazası ve sürdürülebilir kullanımı. Ziraat Mühendisleri Odası VII. Teknik Kongresi, 2010; 179-198.
 66. Ertuğrul M, Dellal G, Soysal İ, Elmacı C, Akın O, Arat S. Türkiye yerli koyun ırklarının korunması. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2009; 23(2):97-119.
 67. Arsic M, Abdalla AL, Dong H, Loyon L, Packer APC, Saha CK. Circular bioeconomy approaches for livestock manure and post-consumer wastes: Opportunities for biofertilizers and bioenergy. *Animal Frontiers*. 2025; 15(4):54-64. <https://doi.org/10.1093/af/vfaf017>
 68. McAllister TA, Becquet P, Amon B, LEAP TAG, Lee MRF. Livestock—an essential component of a circular bioeconomy. *Animal Frontiers*. 2025; 15(4):3-6. <https://doi.org/10.1093/af/vfaf031>
 69. Sommer SG, Christensen ML, Schmidt T, Jensen LS. Animal manure recycling: Treatment and management. Chichester: John Wiley & Sons, 2013.
 70. Sözer S, Yaldız O. Muz serası atıkları ve sığır gübresi karışımlarından mezofilik fermentasyon sonucu üretilebilecek biyogaz miktarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2011; 24(2):141-146.
 71. Sandström V, Chrysafi A, Lamminen M, Troell M, Jalava M, Piipponen J. Food system by-pro-

- ducts upcycled in livestock and aquaculture feeds can increase global food supply. *Nature Food*. 2022; 3:729-740. <https://doi.org/10.1038/s43016-022-00589-6>
72. Paramesh V, Ravisankar N, Behera U, Arunachalam V, Kumar P, Solomon Rajkumar R, et al. Integrated farming system approaches to achieve food and nutritional security for enhancing profitability, employment, and climate resilience in India. *Food and Energy Security*. 2022;11(2):e321. <https://doi.org/10.1002/fes3.321>
 73. Spiegel S, Vendramini JMB, Bittman S, Silveira ML, Gifford C, Rotz CA, et al. Recycling nutrients in the beef supply chain through circular manure sheds: Data to assess tradeoffs. *Journal of Environmental Quality*. 2022;51(4):494-509. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20365>
 74. Gerber PJ, Steinfeld H, Henderson B, Mottet A, Opio C, Dijkman J. Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2013.
 75. Kholif AE, Anele A, Anele UY. Microbial feed additives in ruminant feeding. *AIMS Microbiology*. 2024; 10(3):542-571. <https://doi.org/10.3934/microbiol.2024026>
 76. Zhu M, Singer SD, Guan LL, Chen G. Emerging microalgal feed additives for ruminant production and sustainability. *Advanced Biotechnology*. 2024;2(2):17. <https://doi.org/10.1007/s44307-024-00024-w>
 77. Kholif AE, Anele A, Chahine M, Anele UY. Applications of nanotechnology in ruminant animal production: Advances, challenges, and future prospects. *Nanomaterials*. 2025;15(23):1773. <https://doi.org/10.3390/nano15231773>
 78. Kancharapu H, Shreeya V. Unlocking the potential of precision animal nutrition for a sustainable future. Benison Media, 2025 May 26. Erişim adresi: <https://benisonmedia.com/unlocking-the-potential-of-precision-animal-nutrition-for-a-sustainable-future/>
 79. Distant D, Albanello C, Zaffar H, Faralli S, Amalfitano D. Artificial intelligence applied to precision livestock farming: A tertiary study. *Smart Agricultural Technology*. 2025;11:100889. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.100889>
 80. Canga D, Boğa M, Kılıç HN, Bulut M. Information and communication technologies (ICT) and precision livestock (PLF) applications in farm conditions. Livre de Lyon, 2022.
 81. Bernabucci G, Evangelista C, Girotti P, Viola P, Spina R, Ronchi B, et al. Precision livestock farming: An overview on the application in extensive systems. *Italian Journal of Animal Science*. 2025;24(1):859-884. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2025.2480821>
 82. Çevik KK, Boğa M. Body condition score (BCS) segmentation and classification in dairy cows using R-CNN deep learning architecture. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 2019; (17):1248-1255.
 83. Menezes GL, Mazon G, Ferreira REP, Cabrera VE, Dorea JRR. Artificial intelligence for livestock: A narrative review of the applications of computer vision systems and large language models for animal farming. *Animal Frontiers*. 2024;14(6):42-53. <https://doi.org/10.1093/af/vfae048>
 84. Malyugina S, Holik S, Horky P. Mitigation strategies for methane emissions in ruminant livestock: A comprehensive review of current approaches and future perspectives. *Frontiers in Animal Science*. 2025;6:1610376. <https://doi.org/10.3389/fanim.2025.1610376>
 85. Neethirajan S, Scott S, Mancini C, Boivin X, Strand E. Human-computer interactions with farm animals—enhancing welfare through precision livestock farming and artificial intelligence. *Frontiers in Veterinary Science*. 2024; 11:1490851. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1490851>
 86. Balaji A, Rajendran D, Kumaresan A, Das DN. Current situation, future goals, and strategies of the global feed and feed additives industries. In: Mahesh MS, Yata VK, editors. *Feed Additives and Supplements for Ruminants: Nutrition, Health and Production*. Springer, 2025; 1-24. https://doi.org/10.1007/978-3-031-57463-2_1
 87. Shrivastava B, Nandal P, Sharma A, Jain KK, Khata YP, Das TK, et al. Solid state bioconversion of wheat straw into digestible and nutritive ruminant feed by *Ganoderma* sp. rckk02. *Bioresource Technology*. 2012;107:347-351. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.12.096>

FONKSİYONEL YEMLERİN KÜÇÜKBAŞ HAYVAN YETİŞTİRME SİSTEMLERİNDE REFAH, ADAPTASYON VE ÇEVRESEL UYUM ÜZERİNE ETKİLERİ

Mehtap GÜNEY¹

1. GİRİŞ

Günümüzde Dünyada yaşanan iklim değişikliği, atmosferdeki karbondioksit seviyelerinin artışı, yüksek sıcaklıklar, mevsim değişimlerindeki farklılıklar, yağış miktarının yetersizliği ve ormansızlaşma gibi sorunlara ilave olarak artan yem maliyetleri de, gelecekte ruminant hayvanlardan elde edilen ürünlere ne ölçüde ulaşılabilceği konusunda önemli soru işaretlerini beraberinde getirmektedir. Bu sorunların daha güçlü etkilerinin görülme endişesi sürdürülebilir hayvansal üretimde yeni stratejilerin geliştirilmesini zorunlu hale getirmiş ve hayvansal üretim sektörünün de yeniden şekillendirilmesine neden olmuştur (1, 2).

Koyun ve keçi gibi ruminantlarda hayvancılık; gübre üretimi, bitkisel üretim desteği, sigorta ve acil nakit ihtiyaçlarının finansman kaynağı ve sosyal statünün iyileştirilmesi amacıyla geleneksel tarım sistemlerinde yetiştirilmektedir. Ayrıca yem kaynakları çoğunlukla doğal otlaklar ve bitki artıklarından oluşmakta, kalitesi ve arzı değişen yağışlara bağlı olarak değişmektedir. Otlak alanları ise tarım arazilerine olan talebin artması, aşırı otlatma, çalılarının istilası ve yakılması gibi nedenlerle azalmaktadır. Otlatma, antibiyotiklerle yoğun bir şekilde zenginleştirilmiş ticari yemlerle desteklenmekte ve bu da antimikrobiyal direncin artmasına neden olmaktadır (3).

Küçükbaş hayvanlar, düşük kaliteli yemleri, seçkin **kimyasal** bileşim ve organoleptik özelliklere sahip yüksek kaliteli hayvansal ürünlere dönüştürmede en verimli hayvanlardır. Koyun ve keçi yetiştiricilik sistemleri, doğal otlaklara veya mera alanlarına dayalı çok

¹ Doç. Dr., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, mguney@yyu.edu.tr,

ORCID iD: 0000-0002-0613-3600

DOI: 10.37609/akya.4339.c20394

4. KAYNAKLAR

1. Kim ET, Kim C, Min K, Lee SS. Effects of plant extracts on microbial population, methane emission and ruminal fermentation characteristics in vitro. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*; 2012; 25(6): 806-811. doi: 10.5713/ajas.2011.11447.
2. Henry BK, Eckard RJ, Beauchemin KA. Review: Adaptation of ruminant livestock production systems to climate changes. *Animal*; 2018; 12(52): 445-456. doi:10.1017/S1751731118001301.
3. Ndudzo A, Pullen J, Magwaba T, Ndlovu S, Moyo M, Sibanda S, Chimbo J, Mugoti A. Incorporation of functional feed ingredients to substitute antimicrobials in animal nutrition: Opportunities for livestock production in developing countries. *International Journal of Livestock Production*; 2023; 14(2): 44-57. doi: 10.5897/IJLP2023.0820.
4. Zervas G, Tsiplakou E. The effect of feeding systems on the characteristics of products from small ruminants. *Small Ruminant Research*; 2011; 101: 140-149. doi: 10.1016/j.smallrumres.2011.09.034.
5. Onte S, Bhattacharjee S, Dey D. "Non-Conventional Feed Resources." *Agrialis*; 2021. 1: 29-35.
6. Sime AG, Duguma BS. The Role of Non-Conventional Feeds in Small Ruminant Production and Their Implication for Feed Cost Reduction in Ethiopia-A Mini Review. *Veterinary Medicine and Science*; 2025; 11-5: e70554. doi: 10.1002/vms3.70554.
7. Boudalia S, Smeti S, Dawit M, Senbeta EK, Gueroui Y, Dots V, Bousbia A, Symeon GK. Alternative Approaches to Feeding Small Ruminants and Their Potential Benefits. *Animals*; 2024; 14(6): 904. doi.org/10.3390/ani14060904.
8. Kasapidou E, Sossidou E, Mitliagka P. Fruit and Vegetable CoProducts as Functional Feed Ingredients in Farm Animal Nutrition for Improved Product Quality. *Agriculture*; 2015; 5(4): 1020-1034. doi: 10.3390/agriculture5041020.
9. Bedasso GT. The Functional Feed Additives in Animal Nutrition: The Substitute to Antibiotics Quest Journals. *Journal of Research in Agriculture and Animal Science*; 2021; 8.
10. Santos ARMD, Barros LVD, Abreu MLC, Pedreira BC. In vitro ruminal fermentation parameters and methane production of Marandu palisadegrass (*Urochloa brizantha*) in a silvopastoral system associated with levels of protein supplementation. *Grass Forage Science*; 2020; 75(3): 339-350. doi: 10.1111/gfs.12476.
11. Opio C, Gerber P, Steinfeld H. Livestock and the environment: addressing the consequences of livestock sector growth. *Advances in Animal Biosciences*; 2011; 2: 601-607.
12. Henry B, Charmley E, Eckard R, Gaughan JB, Hegarty R. Livestock production in a changing climate: adaptation and mitigation research in Australia. *Crop and Pasture Science*; 2012; 63: 191-202.
13. Mottet A, de Haan C, Falcucci A, Tempio G, Opio C, Gerber P. Livestock: on our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/ food debate. *Global Food Security*; 2017; 14: 1-8.
14. Di Meo MC, Licaj I, Varricchio R, De Nisco M, Stilo R, Rocco M, Bianchi A R, D'Angelo L, De Girolamo P, Vito P, Zarrelli A, Varricchio E. Functional Feed with Bioactive Plant-Derived Compounds: Effects on Pig Performance, Muscle Fatty Acid Profile, and Meat Quality in Finishing Pigs. *Animals*; 2025; 15(4): 535. doi: 10.3390/ani15040535.
15. Villalba JJ, Provenza FD, Manteca X. Links between ruminants' food preference and their welfare. *Animal*; 2010; 4(7): 1240-1247. doi: 10.1017/S1751731110000467.
16. Hegarty RS, McFarlane JR, Godwin IR. Use of encapsulated sodium bicarbonate to increase feed intake, fiber digestibility, and growth of weaner sheep. *Journal of Animal Science*; 2017; 95(9): 4121-4129.
17. Melo M, da Silva A, Silva Filho E, Oliveira R, Silva Junior J, Oliveira JP, Vaz A, Moura J, Pereira Filho J, Bezerra L. Polymeric Microparticles of Calcium Pectinate Containing Urea for Slow Release in Ruminant Diet. *Polymers (Basel)*; 2021; 31: 13(21): 3776. doi: 10.3390/polym13213776.
18. Azeem T, Akhtar N, Rehman A. Encapsulation of feed additives for ruminants: A comprehen-

- sive review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*; 2017; 8(1): 28.
19. Phillips CJC. Introduction to welfare and nutrition. *Nutrition and the Welfare of Farm Animals*. Springer International Publishing: Cham; 2016. 1–27359. ISBN 978-3-319-27354-27359.
20. Spanghero M, Robinson PH, Zanfi C, Fabbro E. Effect of increasing doses of a microencapsulated blend of essential oils on performance of lactating primiparous dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*; 2009; 153 (1-2): 153-157. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2009.06.004.
21. Bribiesca JER, Casas RL, Monterrosa RGC, P´erez AR. Supplementing selenium and zinc nanoparticles in ruminants for improving their bioavailability meat. *Nutrient Delivery*. Elsevier, sayfa: 713–747. doi: 10.1016/B978-0-12-804304-2.00019-6.
22. Tolve R, Tchuenbou-Magaia F, Di Cairano M, Caruso MC, Scarpa T, Galgano F. Encapsulation of bioactive compounds for the formulation of functional animal feeds: The biofortification of derivate foods. *Animal Feed Science and Technology*; 2021; 279: 115036. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2021.115036.
23. Ben Salem H, Smith T. Feeding strategies to increase small ruminant production in dry environments. *Small Ruminant Research*; 2008; 77: 174-194.
24. Gaughan J. Projected impacts of climate changes and sustainability of sheep production systems. In *Sheep production adapting to climate change* (ed. V Sejian, R Bhatta, J Gaughan, PK Malik, SMK Naqvi and R Lal); 2017; 189-196. Springer, Singapore.
25. Hassen A, Dawid I. Ruminant Livestock Production System Adaptation Strategies to Climate Change: A Review. *OAJRC Environmental Science*; 2021; 2(1): 7-16. doi: 10.26855/oajrces.2021.11.001.
26. Reidsma P, Wolf J, Kanellopoulos A, Schaap BF, Mandryk M, Verhagen J, van Ittersum MK. Climate change im-pact and adaptation research require farming systems analysis and integrated assessment: A case study in the Netherlands. *Procedia Environmental Science*; 2015; 29: 286-287.
27. Hoekstra, N. J., Suter, M., Finn, J. A., Husse, S., and Lüscher, A. (2015). Do belowground vertical niche differences between deep and shallow-rooted species enhance resource uptake and drought resistance in grassland mixtures? *Plant Soil*, 394, 21-34.
28. Cullen BR, Eckard RJ and Rawnsley RP 2012. Resistance of pasture production to projected climate changes in south-eastern Australia. *Crop and Pasture Science* 63, 77–86.
29. Hennessy KJ, Whetton PH and Preston B 2010. Climate projections. In *Adapting agriculture to climate change* (ed. CJ Stokes and SM Howden), sayfa; 13-20. CSIRO Publishing Collingwood, Victoria, Australia.
30. Ajila CM, Brar SK, Verma M, Rao UP. Sustainable solutions for agro processing waste management: An Overview. In *Environmental Protection Strategies for Sustainable Development*, Malik, A., Grohmann, E., Eds., Springer Science/Business Media: Dordrecht, The Netherlands; 2012; 65-109.
31. Mamvura CI, Cho S, Mbiriri DT, Lee HG, Choi NJ. Effect of encapsulating nitrate in sesame gum on in vitro rumen fermentation parameters. *AsianAustralasian Journal of Animal Science*; 2014; 27(11): 1577. doi: 10.5713/ajas.2014.14280.

FONKSİYONEL VE ALTERNATİF YEMLERİN ET, SÜT VE YUMURTA KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ: BESLEME, ÜRÜN KALİTESİ, TÜKETİCİ PERSPEKTİFİ

Ahmet AKDAĞ¹

1. GİRİŞ

Dünya nüfusu ve gelir seviyesindeki artış kişi başına hayvansal protein talebinin yükselmesine ve küresel gıda tüketiminin hızla artmasına neden olmaktadır (1). Et, süt ve yumurta gibi hayvansal protein kaynakları insanlık için temel besin maddelerini sağlar; ancak hayvancılık ve üretim süreçlerinde kaynakların verimsiz kullanımı nedeniyle bu değerli protein kaynaklarının üretimi eleştirilere maruz kalmaktadır (2). Ancak düşük değerli tarımsal yan ürünlerin veya alternatif kaynakların hayvan beslemede kullanılacak yemlere dönüştürülmesi gibi sürdürülebilir hayvancılık ilkelerinin benimsenmesi bu eleştiri ve zorlukların hafiflemesine ve hayvansal üretime ekonomik katkı sağlayabilir (3). Ayrıca insan tüketimine uygun yem bitkilerinin alternatif kaynaklar ve tarımsal yan ürünlerle ikame edilmesi, yem-gıda rekabetinin azalmasına katkı sağlarken gıda güvenliği sorununun çözülmesine de yardımcı olabilir (4).

Fonksiyonel ve alternatif yem kaynaklarının hayvancılığa entegrasyonu üzerine uzun süredir çalışmalar yapılmaktadır. Otlar, yağlar, böcekler, algler ve fermente yemler gibi kaynaklar hayvancılıkta ürün kalitesini ve sürdürülebilirliği arttırmak için yaygın olarak incelenen araçlardır. Türler genelinde bahsedilen alternatif ve fonksiyonel yem kaynaklarının ürünlerin yağ bileşimi, antioksidan durumu, lezzeti ve yumurta, et ve sütün bazı fiziksel özellikleri üzerine etkileri çok sayıda araştırmacı tarafından incelenmiştir.

Çiftlik hayvanlarının beslenmesinde kullanılan fonksiyonel ve alternatif yemler de- niz kaynakları, bitkisel temelli fonksiyonel katkılar, tarımsal sanayi ve gıda yan ürünleri,

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, ahmeta@ogu.edu.tr
ORCID iD:0000-0002-0154-7839

DOI: 10.37609/akya.4339.c20395

3. SONUÇ

Artan dünya nüfusu ve insan gelirleri hayvansal proteine olan talebi arttırmaktadır. Bu talebin karşılanabilmesi için çiftlik hayvanlarının makro ve mikro besin madde ihtiyaçlarının karşılanmasının yanında verim ve ürün kalitesi gözetilerek beslenmesi en önemli konuların başında gelmektedir. Günümüzde ham kanatlı hem de ruminant hayvanların beslenmesinde vazgeçilmez hale gelmiş bazı yem hammaddelerine artan talep hayvansal üretimde ürün maliyetini ve tüketiciye ulaşan fiyatı doğrudan etkilemektedir. Ülkemiz özelinde düşünüldüğünde neredeyse tamamı ithal olan soya fasülyesi ve yan ürünlerinin hayvan beslemede alternatiflerinin araştırılması, verim ve ürün kalitesi üzerine etkilerinin incelenmesi önem taşımaktadır. Mevcut kitapta anlatılan alternatif yem hammaddelerinin hayvan beslemeye entegre edilirken tüketicinin ürün kalitesi algısı, tercihleri ve tüketim davranışları da göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca gelecekte bazı baklagil daneleri, deniz kaynakları ve böceklerin protein kaynağı olarak geleneksel yem hammaddelerine alternatif olarak daha sık kullanılacağı, enzim ve fermentasyon teknolojileri sayesinde bazı türlerin beslenmesi için şu an uygun olmadığı düşünülen yem hammaddelerinin daha uygun hale geleceği öngörülmektedir.

4. KAYNAKLAR

1. Menchaca A. Sustainable food production: The contribution of genome editing in livestock. *Sustainability*. 2021;13(12).
2. Ponnampalam EN, Holman BWB. Sustainability II: Sustainable animal production and meat processing. In F. Toldra (Ed.), *Lawrie's meat science*, 2023 (9th ed., pp. 727–798). London, UK: Woodhead Publishing.
3. Pan S, Wang D, Lin Y, et al. Effects of ginger straw silage with enzymes on growth performance, digestion and metabolism, meat quality and rumen microflora diversity of Laiwu Black goat. *Animals*. 2024;14(14).
4. Salami SA, Luciano G, O'Grady MN, et al. Sustainability of feeding plant by-products: A review of the implications for ruminant meat production. *Animal Feed Science and Technology*. 2019;251, 37–55.
5. Ma L, Wang L, Zhang Z, et al. Research Progress of Biological Feed in Beef Cattle. *Animals*. 2023; 13, 2662.
6. Aloueedat MK, Obeidat BS, Awawdeh MS. Effects of Partial Replacement of Conventional with Alternative Feeds on Nutrient Intake, Digestibility, Milk Yield and Composition of Awassi Ewes and Lambs. *Animals*. 2019;9(9), 684.
7. Pinotti L, Mazzoleni S, Moradei A, et al. Effects of alternative feed ingredients on red meat quality: a review of algae, insects, agro-industrial by-products and former food products. *Italian Journal of Animal Science*. 2023; 22(1), 695–710.
8. Magan JB, O Callaghan, TF, Kelly AL, et al. Compositional and functional properties of milk and dairy products derived from cows fed pasture or concentrate-based diets. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2021; 20(3), 2769–2800.
9. Teodoro CR, Castilho Heiss VAR, Garcia RG, et al. Systematic review of natural alternatives in quail feeding: impact of essential and functional oils versus conventional additives. *World's*

- Poultry Science Journal*. 2025; 81(3), 775-792.
10. Rad MI, Rouzbehan Y, Rezaei J. Effect of dietary replacement of alfalfa with urea-treated almond hulls on intake, growth, digestibility, microbial nitrogen, nitrogen retention, ruminal fermentation, and blood parameters in fattening lambs. *Journal of Animal Science*. 2016; 94 (1), 349–358.
 11. Phillips CR, Doyle SP, et al. Effect of almond hull level in a finishing diet on lamb growth and carcass performance. *Journal of Agriculture and Life Sciences*. 2015; 2 (2), 11–15.
 12. Scerra, M., Bognanno, M., Foti, F, et al (2022). Influence of almond hulls in lamb diets on animal performance and meat quality. *Meat Science*, 192, 108903.
 13. Swanson KL, Bill HM, Asmus J, et al. Feeding high amounts of almond hulls to lactating cows. *Journal of Dairy Science*. 2021; 104, 8846–8856.
 14. Wang J, Wu C, Kong F, et al. Effect of almond hulls on the growth performance, body composition, digestive tract weight, and liver antioxidant capacity of broilers. *Journal of Applied Poultry Research*. 2021a; 20 (2), 100149.
 15. Wang J, Singh AK, Kong F, et al. Effect of almond hulls as an alternative ingredient on broiler performance, nutrient digestibility, and cecal microbiota diversity. *Poultry Science*. 2021b; 100 (3), 100853.
 16. Wang J, Kong F, Kim WK. Effect of almond hulls on the performance, egg quality, nutrient digestibility, and body composition of laying hens. *Poultry Science*. 2021c; 100 (9), 101286.
 17. SoltaniNezhad B, Dayani O, Khezri A, et al. Performance and carcass characteristics in fattening lambs feed diets with different levels of pistachio by-products silage with wasted date. *Small Ruminant Research*. 2016; 137, 177–182.
 18. Razzaghi A, Naserian AA, Valizadeh R, et al. Pomegranate seed pulp, pistachio hulls, and tomato pomace as replacement of wheat bran increased milk conjugated linoleic acid concentrations without adverse effects on ruminal fermentation and performance of Saanen dairy goats. *Animal Feed Science and Technology*. 2015; 210, 46–55.
 19. Sedighi-Vesagh R, Naserian AA, Ghaffari MH, et al. Effects of pistachio by-products on digestibility, milk production, milk fatty acid profile and blood metabolites in Saanen dairy goats. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2015; 99, 777–787.
 20. Priolo A, Valenti B, Natalello A, et al. Fatty acid metabolism in lambs fed hazelnut skin as a partial replacer of maize. *Animal Feed Science and Technology*. 2021; 272, 114794.
 21. Menci R, Biondi L, Natalello A, et al. Feeding hazelnut skin to lambs delays lipid oxidation in meat. *Meat Science*. 2023; 202, 109218.
 22. Campione A, Natalello A, Valenti B, et al. Effect of feeding hazelnut skin on animal performance, milk quality, and rumen fatty acids in lactating ewes. *Animals*. 2020; 10, 588.
 23. Renna M, Lussiana C, Malfatto V, et al. Evaluating the suitability of hazelnut skin as a feed ingredient in the diet of dairy cows. *Animals*. 2020; 10 (9), 1653.
 24. Anderson MJ, Blanton Jr JR, Gleghorn J, et al. Ascophyllum nodosum supplementation strategies that improve overall carcass merit of implanted English crossbred cattle. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2006; 19(10), 1514-1518.
 25. Braden K, Blanton Jr J, Montgomery J, et al. Tasco supplementation: effects on carcass characteristics, sensory attributes, and retail display shelf- life. *Journal of Animal Science*. 2007; 85, 754–768.
 26. Fike JH, Saker KE, O'keefe SF, et al. Effects of Tasco (a seaweed extract) and heat stress on N metabolism and meat fatty acids in wether lambs fed hays containing endophyte-infected fescue. *Small Ruminant Research*. 2005; 60(3), 237-245.
 27. Zhu W, Li D, Wang J, et al. Effects of polymannuronate on performance, antioxidant capacity, immune status, cecal microflora, and volatile fatty acids in broiler chickens. *Poultry Science*. 2015; 94(3), 345-352.
 28. Abudabos AM, Okab AB, Aljumaah RS, et al. Nutritional value of green seaweed (*Ulva lactuca*)

- for broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*. 2013; 12(2), e28.
29. Ma L, Wang L, Zhang Z, et al. Research Progress of Biological Feed in Beef Cattle. *Animals*. 2023; 13, 2662.
 30. Akdağ A, Kop-Bozbay C, Okuyucu IC. Sağımda Fermente Protein Ek Yemi ile Yemlenen Anadolu Mandallarının Süt Verimi ve Kalitesi. 13. *Ulusal Zootekni Bilim Kongresi Kongre Kitabı*. 2023; s:45-46.
 31. Gungor E, Erener G. Effect of dietary raw and fermented sour cherry kernel (*Prunus cerasus* L.) on digestibility, intestinal morphology and caecal microflora in broiler chickens. *Poultry science*. 2020; 99(1), 471-478.
 32. Mammi LME, Ghiaccio F, Benini E, Vecchiato CG, Fusaro I, Buonaiuto G, Formigoni A. Former Food and Agro-Industrial By-Products in Dairy Cow Diets: Effects on Milk Quality and Cheese Production. *Animals*. 2025; 15(8), 1113.
 33. Lanza M, Battelli M, Gallo L, Soglia F, Bovera F, Giunta F, Primi R, Biondi L, Giannuzzi D, Zampiga M. Sustainability of Animal Production Chains: Alternative Protein Sources as an Ecological Driver in Animal Feeding: A Review. *Animals*. 2025; 15,3245. <https://doi.org/10.3390/ani15223245>
 34. Gatta D, Russo C, Giuliotti L, Mannari C, Picciarelli P, Lombardi L, Giovannini L, Ceccarelli N, Mariotti L. Influence of Partial Replacement of Soya Bean Meal by Faba Beans or Peas in Heavy Pigs Diet on Meat Quality, Residual Anti-Nutritional Factors and Phytoestrogen Content. *Archives of Animal Nutrition*. 2013; 67, 235–247.
 35. Lanza M, Fabro C, Scerra M, Bella M, Pagano R, Brogna DMR, Pennisi P. Lamb Meat Quality and Intramuscular Fatty Acid Composition as Affected by Concentrates Including Different Legume Seeds. *Italian Journal of Animal Science*. 2011; 10, e18.
 36. Scerra M, Caparra P, Foti F, Cilione C, Zappia G, Motta C, Scerra V. Intramuscular Fatty Acid Composition of Lambs Fed Diets Containing Alternative Protein Sources. *Meat Science*. 2011; 87, 229–233.
 37. White CL, Staines VE, Staines MvH. A Review of the Nutritional Value of Lupins for Dairy Cows. *Australian Journal of Agricultural Research*. 2007; 58, 185.
 38. Petterson DS. The Use of Lupins in Feeding Systems-Review. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*. 2000; 13, 861–882.
 39. Toyomizu M, Sato K, Taroda H, Kato T, Akiba Y. Effects of Dietary Spirulina on Meat Colour in Muscle of Broiler Chickens. *British Poultry Science*. 2001; 42, 197–202.
 40. Zahroojian N, Moravej H, Shivazad M. Effects of Dietary Marine Algae (*Spirulina platensis*) on Egg Quality and Production Performance of Laying Hens. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2013; 15, 1353–1360.
 41. Schiavone A, Dabbou S, Petracci M, Zampiga M, Sirri F, Biasato I, Gai F, Gasco L. Black Soldier Fly Defatted Meal as a Dietary Protein Source for Broiler Chickens: Effects on Carcass Traits, Breast Meat Quality and Safety. *Animal*. 2019; 13, 2397–2405.
 42. Ait-Kaki A, Chebli Y, El Otmani S, Moula N. Effects of Yellow Mealworm Larvae (*Tenebrio molitor*) and Turmeric Powder (*Curcuma*) on Laying Hens Performance, Physical and Nutritional Eggs Quality. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*. 2022; 47, 87–96
 43. Juodka R, Nainien 'e R, Juškien 'e V, Juška R, Leikus R, Kadžien 'e G, Stankevi'cien 'e D. Camelina (*Camelina sativa* (L.) Crantz) as Feedstuffs in Meat Type Poultry Diet: A Source of Protein and n-3 Fatty Acids. *Animals*. 2022; 12, 295.
 44. Cherian G, Campbell A, Parker T. Egg Quality and Lipid Composition of Eggs from Hens Fed Camelina Sativa. *Journal of Applied Poultry Research*. 2009; 18, 143–150.
 45. Tsiplakou E, Pitino R, Manuelian CL, Simoni M, Mitsiopolou C, De Marchi M Righi F. Plant feed additives as natural alternatives to the use of synthetic antioxidant vitamins in livestock animal products yield, quality, and oxidative status: A review. *Antioxidants*. 2021; 10(5), 780.
 46. Manso T, Gallardo B, Salvá A, Guerra-Rivas C, Mantecón AR, Lavín P, de la Fuente MA. Influ-

- ence of dietary grape pomace combined with linseed oil on fatty acid profile and milk composition. *Journal of Dairy Science*. 2016; 99, 1111–1120.
47. Sajdakowska M, Gębski J, Guzek D, Gutkowska K, Żakowska-Biemans S. Dairy products quality from a consumer point of view: Study among Polish adults. *Nutrients*, 2020; 12(5), 1503.
 48. Teixeira A, Rodrigues S. Consumer perceptions towards healthier meat products. *Current opinion in food science*. 2021; 38, 147-154.
 49. de Araújo PD, Araújo WMC., Patarata L, Fraqueza MJ. Understanding the main factors that influence consumer quality perception and attitude towards meat and processed meat products. *Meat Science*. 2022; 193, 108952.
 50. Grunert KG, Bredahl L, Brunso K. Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector—a review. *Meat science*. 2004; 66(2), 259-272.
 51. Yang W, Renwick A. Consumer willingness to pay price premiums for credence attributes of livestock products—A meta-analysis. *Journal of Agricultural Economics*. 2019; 70(3), 618-639.
 52. Gorton M, Yeh CH, Chatzopoulou E, White J, Tocco B, Hubbard C, Hallam F. Consumers' willingness to pay for an animal welfare food label. *Ecological economics*. 2023; 209, 107852.

FONKSİYONEL VE ALTERNATİF YEMLERİN TEK MİDELİ HAYVANLARDA SİNDİRİM FİZYOLOJİSİ, BAĞIRSAK SAĞLIĞI VE PERFORMANS ÜZERİNE ETKİLERİ

Metin DURU¹

Asuman ARSLAN DURU²

1. GİRİŞ

Tek mideli hayvan yetiştiriciliğinde sürdürülebilir, verimli ve sağlıklı üretimin temel unsurlarından biri, hayvanın gereksinimlerini karşılayan dengeli karma yemlerin hazırlanması ve yem ham maddelerinden maksimum düzeyde yararlanılmasının sağlanmasıdır. Kanatlılar ve domuzlar başta olmak üzere tek mideli hayvanlarda yem tüketimi, besin maddelerinin sindirimi ve emilimi ile bağırsak mikrobiyotası arasındaki etkileşim, büyüme performansı, yemden yararlanma, bağışıklık fonksiyonu, hastalıklara karşı direnç ve hayvansal ürünlerin kalitesi üzerinde doğrudan veya dolaylı etkilere sahiptir. Bu nedenle modern hayvansal üretimde yalnızca enerji ve protein gereksinimlerinin karşılanması yeterli görülmemekte, bununla birlikte hayvanın sindirim sisteminin fonksiyonel bütünlüğünün korunması da besleme stratejilerinin önemli bir bileşeni olarak değerlendirilmektedir (1-3).

Gastrointestinal sistem, tek mideli hayvanlarda yalnızca yemlerin fiziksel ve kimyasal olarak parçalandığı bir sistem değildir. Sindirim kanalında bulunan mikroorganizmalar, bağırsak epiteli, mukozal bağışıklık sistemi ve besin maddeleri arasında sürekli ve karmaşık bir etkileşim devamlı olarak bulunmaktadır. Bu nedenle bağırsak sağlığının bozulması, besin maddelerinin sindirim ve emilimindeki yetersizliklerin yanı sıra bağışıklık sisteminin aşırı uyarılması, oksidatif stres, bağırsak bariyer bütünlüğünün bozulması ve

¹ Doç. Dr., Uşak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, metin.duru@usak.edu.tr,
ORCID iD: 0009-0007-7312-5719

² Prof. Dr., Uşak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, asuman.duru@usak.edu.tr,
ORCID iD: 0000-0002-7290-1719

Sonuç olarak, fonksiyonel ve alternatif yemlerin gelecekteki rolü yalnızca geleneksel yem hammaddelerinin yerine yeni kaynaklar koymakla sınırlı değildir. Asıl potansiyel, besin maddesi sağlama, bağırsak sağlığını destekleme, mikrobiyal dengeyi düzenleme ve kaynak kullanım etkinliğini artırma özelliklerinin aynı besleme sisteminde bütünleştirilmesinde bulunmaktadır. Bu yaklaşım, tek mideli hayvanların sağlıklı, verimli ve sürdürülebilir biçimde yetiştirilmesine katkı sağlayabilecek önemli bir strateji olarak değerlendirilebilir. Dolayısıyla geleceğin hayvan besleme sistemlerinde başarı, tek bir “mucize yem katkısı” veya tek bir alternatif hammaddenin bulunmasından ziyade, hayvan türüne uygun karma yem tasarımı, fonksiyonel yem bileşenlerinin doğru seçimi, alternatif kaynakların güvenli şekilde kullanılması ve sindirim-mikrobiyotik-bağırsak sağlığı-performans ilişkisinin birlikte değerlendirilmesine bağlı olacaktır. Bu çerçevede fonksiyonel ve alternatif yemler, yalnızca hayvansal üretimin verimliliğini artıracak araçlar değil, aynı zamanda daha dayanıklı, kaynakları daha etkin kullanan ve çevresel açıdan sürdürülebilir hayvansal üretim sistemlerinin temel bileşenlerinden biri olma potansiyeline sahiptir.

8. KAYNAKLAR

1. de Lange, CFM, Pluske J, Gong J, et al. Strategic use of feed ingredients and feed additives to stimulate gut health and development in young pigs. *Livestock Science*, 2010;134 (1-3):124-134.
2. Adams S, Che D, Qin G, et al. Interactions of dietary fibre with nutritional components on gut microbial composition, function and health in monogastrics. *Current Protein and Peptide Science*, 2018;19(10), 1011-1023.
3. Tardiolo G, La Fauci D, Riggio, et al. Gut microbiota of ruminants and monogastric livestock: an overview. *Animals*, 2025;15(5),758.
4. Kogut MH, Arsenault RJ. Gut health: The new paradigm in food animal production. *Frontiers in Veterinary Science*, 2016;3,71.
5. Gessner DK, Ringseis R, Eder K. Potential of plant polyphenols to combat oxidative stress and inflammatory processes in farm animals. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2017;101(4),605-628.
6. Kiczorowska B, Samolińska W, Al-Yasiry ARM, et al. The natural feed additives as immunostimulants in monogastric animal nutrition—a review. *Annals of animal science*, 2017;17(3),605-625.
7. Gaggia F, Mattarelli P, Biavati B. Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. *International Journal of Food Microbiology*, 2010;141,S15-S28.
8. Asml A, Agazzi A, Invernizzi G, et al. The beneficial role of probiotics in monogastric animal nutrition and health. *Journal of Dairy Veterinary Animal Research*, 2015;2(4),00041.
9. Bedford M, Cowieson AJ. Exogenous enzymes and their effects on intestinal microbiology. *Animal Feed Science and Technology*, 2012;173(1-2),76-85.
10. Saettone V, Biasato I, Radice E, et al. State-of-the-Art of the Nutritional Alternatives to the Use of Antibiotics in Humans and Monogastric Animals. *Animals*, 2020;10(12), 2199.
11. Dal Pont GC, Eyng C, Bortoluzzi C et al. Enzymes and gut health in monogastric animals: effects beyond digestibility. In *Gut microbiota, immunity, and health in production animals* (pp. 33-55). Cham: Springer International Publishing. 2022.
12. Panitsidis I, Barbe F, Chevaux E, et al. Probiotics, prebiotics, paraprobiotics, postbiotics. In *Sustainable use of feed additives in livestock: Novel ways for animal production* (pp. 173-227).

Cham: Springer International Publishing. 2023.

13. Liu Y, Espinosa C D, Abelilla JJ, Et al. Non-antibiotic feed additives in diets for pigs: A review. *Animal Nutrition*, 2016;4(2),113-125.
14. Stein H, de Lange K. Alternative feed ingredients for pigs. In *London Swine Conference-To-day's Challenges* (pp. 3-4), 2007.
15. Atuahene D, Sam BA, Idan F, et al. Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics in Pigs and Poultry: A Review of Gut Health, Performance, and Environmental Outcomes. *Veterinary Sciences*, 2025;12(11),1054.
16. Lee SH, Choi S, Park YB, et al. Nutritional strategies using synbiotics and organic acids to enhance piglet post-weaning growth and gut health. *Journal of Animal Science and Technology*, 2026;25-e00456. <https://doi.org/10.5187/jast.2500456>
17. Jha R, Foughse JM, Tiwari UP, et al. Dietary fiber and intestinal health of monogastric animals. *Frontiers in Veterinary Science*, 2019;6,48. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00048>
18. Chuang WY, Lin LJ, Shih HD, et al. The potential utilization of high-fiber agricultural by-products as monogastric animal feed and feed additives: A review. *Animals*, 2021;11(7), 2098.
19. Mroz Z. Organic acids as potential alternatives to antibiotic growth promoters for pigs. *Advances in Pork Production*, 2005;16,169–182.
20. Hamer HM, Jonkers DMAE. Venema, K., et al. The role of butyrate on colonic function. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 2008;27(2),104-119.
21. Mohammadi Gheisar M, Kim IH. Phytobiotics in poultry and swine nutrition—a review. *Italian Journal of Animal Science*, 2018;17(1),92-99.
22. Zeng Z, Zhang S, Wang H, et al. Essential oil and aromatic plants as feed additives in non-ruminant nutrition: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 2015;6(1),7.
23. Zhai H, Liu H, Wang S, et al. Potential of essential oils for poultry and pigs. *Animal Nutrition*, 2018;4 (2),179-186.
24. Baker JT, Duarte ME, Holanda DM, et al. Friend or foe? Impacts of dietary xylans, xylooligosaccharides, and xylanases on intestinal health and growth performance of monogastric animals. *Animals*, 2021;11(3),609.
25. Upadhaya SD, Kim IH. Efficacy of phytogenic feed additive on performance, production and health status of monogastric animals—a review. *Annals of Animal Science*, 2017;17(4),929-948.
26. Gibson GR, Roberfroid MB. Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics. *The Journal of Nutrition*, 1995;125(6),1401–1412.
27. Kiarie E, Romero LF, Nyachoti CM. The role of added feed enzymes in promoting gut health in swine and poultry. *Nutrition Research Reviews*, 2013;26(1),71-88.
28. Tang WW, Li DY, Hazen SL. Dietary metabolism, the gut microbiome, and heart failure. *Nature Reviews Cardiology*, 2019;16(3),137-154.
29. Prates JA. Enhancing meat quality and nutritional value in monogastric livestock using sustainable novel feed ingredients. *Foods*, 2025;14(2),146.
30. Mottet A, de Haan C, Falcucci A, et al. Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Global Food Security*, 2017;14,1–8.
31. Nte IJ, Owen OJ, Owuno F. Anti-nutritional factors in animal feedstuffs: A review. *International Journal of Research and Review*, 2023;10(2),226-244.
32. Hassan ZM, Manyelo TG, Selaledi L, et al. The effects of tannins in monogastric animals with special reference to alternative feed ingredients. *Molecules*, 2020;25(20),4680.
33. Lanza M, Battelli M, Gallo, et al. Sustainability of Animal Production Chains: Alternative Protein Sources as an Ecological Driver in Animal Feeding: A Review. *Animals*, 2025;15(22),3245.
34. Khajali F, Rafiei F. A review of plant anti-nutritional factors in animal health and production: The classification, biological properties, and the passivation strategy. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2024;18,101290. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101290>
35. Woyengo TA, Beltranena E, Zijlstra RT. Effect of anti-nutritional factors of oilseed co-products

- on feed intake of pigs and poultry. *Animal Feed Science and Technology*, 2017;233,76–86. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.05.006>
36. Dou Z, Toth JD, Westendorf ML. Food waste for livestock feeding: Feasibility, safety, and sustainability implications. *Global Food Security*, 2018;17,154-161.
 37. Malenica D, Kass M, Bhat R, et al. Sustainable management and valorization of agri-food industrial wastes and by-products as animal feed: for ruminants, non-ruminants and as poultry feed. *Sustainability*, 2022;15(1),117.
 38. Lu S, Taethaisong N, Meethip W, et al. Nutritional composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) and its potential uses as alternative protein sources in animal diets: A review. *Insects*, 2022;13(9),831.
 39. Jones KR, Karuppusamy S, Sundaram V. Unraveling the promise of agroindustrial byproducts as alternative feed source for sustainable rabbit meat production. *Emerging Animal Species*, 2024;10,100044.

FONKSİYONEL VE ALTERNATİF YEMLERİN KANATLI BESLEMEDE SİNDİRİM, PERFORMANS VE ÜRÜN KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Metin DURU¹

Asuman ARSLAN DURU²

GİRİŞ

Kanatlı yetiştiriciliği, artan dünya nüfusunun hayvansal protein gereksiniminin karşılanmasında stratejik öneme sahip en önemli sektörlerden biridir. Üretim süresinin kısa olması, yemden yararlanma değerinin yüksek olması, düşük üretim maliyeti ve tüketici tarafından yaygın bir şekilde kabul görmesi nedeniyle kanatlı eti ve yumurta üretimi küresel hayvancılık sektörünün en hızlı büyüyen alanları arasında yer aldığı bilinmektedir (1,2). Bununla birlikte, artan yem fiyatları, iklim değişikliği, doğal kaynakların sınırlı hale gelmesi, çevresel sürdürülebilirlik hedefler ve antibiyotik kullanımına yönelik yasal düzenlemeler kanatlı besleme stratejilerinin yeniden belirlenmesini zorunlu hale getirmiştir. Mevcut bu gelişmeler doğrultusunda, sadece kanatlı hayvanların besin madde gereksinimlerini karşılayan karma yemler değil, bununla birlikte sindirim sistemi sağlığını destekleyen, bağışıklık fonksiyonlarını güçlendiren, performansı artıran ve ürün kalitesini iyileştiren yem bileşenlerinin öne çıkmasına sebebiyet vermiştir (1-4).

Kanatlı beslemede, yem giderleri toplam üretim maliyetinin yaklaşık %60-70'ini oluşturduğu bilinen bir gerçektir. Ekonomik sürdürülebilirliğin sağlanmasında ve devamlılığında yem kaynaklarının etkin kullanımı büyük önem taşımaktadır. Kanatlı beslemede, geleneksel yem hammaddeleri olan mısır ve soya küspesine olan bağımlılığın giderek artması hem maliyet hem de arz güvenliği açısından alternatif yem kaynaklarının araştırı-

¹ Doç. Dr., Uşak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, metin.duru@usak.edu.tr, ORCID iD: 0009-0007-7312-5719

² Prof. Dr., Uşak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, asuman.duru@usak.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-7290-1719

8. KAYNAKLAR

1. Scanes CG. The global importance of poultry. Poultry Science, 2007; 86(6), 1057–1058.
2. Duru M, Arslan Duru A. Anasonun (*Pimpinella anisum*) Yem Katkı Maddesi Olarak Kanatlı Hayvan Beslemede Kullanımı. Contemporary Approaches in Health Sciences, Hatipoğlu Fatih (Editör), All Sciences Academy, Konya, (pp. 176-190). 2024.
3. Salim HM, Huque KS, Kamaruddin, KM, et al. Global restriction of using antibiotic growth promoters and alternative strategies in poultry production. Science Progress, 2018; 101(1), 52-75.
4. McDonald P, Greenhalgh, JFD, Morgan, C, et al. Animal nutrition. Pearson Higher Ed., 2021.
5. Dahiya JB, Wilkie DC, Van Kessel AG, et al. Potential strategies for controlling necrotic enteritis in broiler chickens in post-antibiotic era. Animal Feed Science and Technology, 2006; 129(1-2), 60-88.
6. Azizi MN, Zahir A, Mahaq O, et al. The alternatives of antibiotics in poultry production for reducing antimicrobial resistance. World Veterinary Journal, 2024; 14(2), 270-283.
7. Aminullah N, Mostamand A, Zahir A, et al. Phytogetic feed additives as alternatives to antibiotics in poultry production: A review. Veterinary World, 2025; 18(1), 141.
8. Makkar HPS, Tran G, Heuzé V, et al.. State-of-the-art on use of insects as animal feed. Animal Feed Science and Technology, 2014; 197, 1–33.
9. EFSA Scientific Committee. Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. EFSA Journal 2015;13(10):4257, 65 pp
10. Gadde U, Kim WH, Oh ST, et al. Alternatives to antibiotics for maximizing growth performance and feed efficiency in poultry: a review. Animal Health Research Reviews, 2017;18(1), 26-45.
11. Panda AK, Rao SVR, Raju MVLN, et al.. Effect of butyric acid on performance, gastrointestinal tract health and carcass characteristics in broiler chickens. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2006; 22(7): 1026-1031.
12. Mountzouris KC, Tsirtsikos P, Kalamara E, et al. Evaluation of the efficacy of a probiotic containing Lactobacillus, Bifidobacterium, Enterococcus and Pediococcus strains in promoting broiler performance and modulating cecal microflora composition and metabolic activities. Poultry Science, 2007;86, 309–317.
13. Bedford M, Cowieson AJ. Exogenous enzymes and their effects on intestinal microbiology. Animal Feed Science and Technology, 2012; 173(1-2), 76-85.
14. Duru M. Effects of dietary strawberry (*Fragaria x ananassa*) leaf powder on growth performance, body components and digestive system of broiler chicks. International Journal of Agriculture and Biology, 2012;14(4): 621-624.
15. Duru M, Şahin A. effects of dietary puncture vine (*Tribulus terrestris*) powder in different carriers on growth performance, carcass characteristics and blood parameters of broiler chicks. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 2012;18 (3): 359-365.
16. Duru M. Effects of dietary strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) leaf powder on egg yield, quality and egg yolk cholesterol in laying hens. Journal of Food, Agriculture & Environment, 2013;11 (2): 477-480.
17. Duru M, Erdoğan Z, Duru A, et al. Effect of seed powder of a herbal legume fenugreek (*Trigonella foenum-graceum* L.) on growth performance, body components, digestive parts, and blood parameters of broiler chicks. Pakistan Journal of Zoology, 2013;45(4): 1007-1014.
18. Borda-Molina D, Seifert J, Camarinha-Silva A. Current perspectives of the chicken gastrointestinal tract and microbiome. Computational and Structural Biotechnology Journal, 2018;16, 131–139.
19. Long S, Liu, S, Wu D. Et al. Effects of dietary fatty acids from different sources on growth performance, meat quality, muscle fatty acid deposition, and antioxidant capacity in broilers. Animals, 2020;10(3), 508.

20. Clavijo V, Flórez MJV. The gastrointestinal microbiome and its association with the control of pathogens in broiler chicken production: A review. *Poultry Science*, 2018;97(3):1006–1021.
21. Ma J, Wang J, Mahfuz S, et al. Supplementation of mixed organic acids improves growth performance, meat quality, gut morphology and volatile fatty acids of broiler chicken. *Animals*, 2021;11(11), 3020.
22. Barit M, Arslan Duru A. The effects of goji berry (*Lycium barbarum* L.) leaves on performance, meat lipid oxidation, digestive tract parts and some blood parameters of broiler chickens. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 2023;74 (2): 5687-5676.
23. Gölcü AO, Arslan Duru A. The effects of bay laurel (*Laurus nobilis* L.) leaf powder supplementation on performance, carcass characteristics, meat lipid oxidation and some blood parameters of broiler chicks. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 2023;74 (2): 5677-5686.
24. Roto SM, Rubinelli PM, Ricke SC. An introduction to the avian gut microbiota and the effects of yeast-based prebiotic-type compounds as potential feed additives. *Frontiers in Veterinary Science*, 2015;2: 28.
25. adav S, Jha R. Strategies to modulate the intestinal microbiota and their effects on nutrient utilization, performance, and health of poultry. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 2019; 10(1): 2.
26. Broom LJ, Kogut MH. Inflammation: friend or foe for animal production? *Poultry Science*, 2018;97 (2): 510–514.
27. Van Immerseel F, De Buck J, Pasmans F, et al. *Clostridium perfringens* in poultry: an emerging threat for animal and public health. *Avian Pathology*, 2004; 33(6): 537–549.
28. Gong J, Forster RJ, Yu H, et al. Diversity and phylogenetic analysis of bacteria in the mucosa of chicken ceca and comparison with bacteria in the cecal lumen. *FEMS Microbiology Letters*, 2002;208 (1): 1–7.
29. Muneeb M, Ullah Khan E, Ahmad S, et al. A Comprehensive Review of the Application of Bacteriophages Against Enteric Bacterial Infection in Poultry: Current Status, Challenges, and Future Prospects. *Antibiotics*, 2025; 14(12), 1207. <https://doi.org/10.3390/antibiotics14121207>
30. Murugesan GR, Syed B, Haldar S, et al. Phytogenic feed additives as an alternative to antibiotic growth promoters in broiler chickens. *Frontiers in Veterinary Science*, 2015;2, 21.
31. Kogut MH, Arsenault RJ. Gut health: the new paradigm in food animal production. *Frontiers in Veterinary Science*, 2016;3, 71.
32. Windisch W, Schedle K, Plitzner C, et al. Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of Animal Science*, 2008;86(suppl_14), E140-E148.
33. Ravindran V. Feed enzymes: The science, practice, and metabolic realities. *Journal of Applied Poultry Research*, 2013;22 (3): 628–636.
34. Patterson JA, Burkholder KM. Application of prebiotics and probiotics in poultry production. *Poultry Science*, 2003; 82, 627–631.
35. Markowiak P, Śliżewska K. The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition. *Gut Pathogens*, 2018;10 (1): 21.
36. Tavaniello S, Maiorano G, Stadnicka K, et al. Prebiotics offered to broiler chicken exert positive effect on meat quality traits irrespective of delivery route. *Poultry Science*, 2018;97(8): 2979-2987.
37. Salminen S, Collado MC, Endo A, et al. The International Scientific Association of Probiotics and Prebiotics consensus statement on the definition and scope of postbiotics. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 2021;18(9): 649–667.
38. Khan RU, Naz S. The applications of probiotics in poultry production. *World's Poultry Science Journal*, 2013;69 (3): 621–632.
39. Atuahene D, Sam BA, Idan F, et al. probiotics, prebiotics, and synbiotics in pigs and poultry: A review of gut health, performance, and environmental outcomes. *Veterinary Sciences*, 2025;12(11), 1054.

40. Arif M. Postbiotics as Functional Feed Additives in Precision Nutrition: A Gut Microbiome-Based Perspective. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Manufacturing-Misr University for Science and Technology*, 2026;3(2), 151-180.
41. Jha R, Das R, Oak S, et al. Probiotics (direct-fed microbials) in poultry nutrition and their effects on nutrient utilization, growth and laying performance, and gut health: A systematic review. *Animals*, 2020;10(10): 1863.
42. Świątkiewicz S, Arczewska-Włosek A, Jozefiak D. The efficacy of organic minerals in poultry nutrition: review and implications of recent studies. *World's Poultry Science Journal*, 2014;70(3), 475-486.
43. Dhama K, Latheef SK, Mani S, et al. Multiple beneficial applications and modes of action of herbs in poultry health and production-A review. *International Journal of Pharmacology*, 2015;11(3), 152-176.
44. Elahi U, Xu CC, Wang J, et al. Insect meal as a feed ingredient for poultry. *Animal Bioscience*, 2022;35(2): 332.
45. Sajid QUA, Asghar MU, Tariq H, et al. Insect meal as an alternative to protein concentrates in poultry nutrition with future perspectives (an updated review). *Agriculture*, 2023;13(6), 1239.
46. Sánchez-Muros MJ, Barroso FG, Manzano-Agugliaro F. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *Journal of Cleaner Production*, 2014;65, 16-27.
47. Sugiharto S. Role of nutraceuticals in gut health and growth performance of poultry. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 2016; 15 (2): 99-111.
48. Rehman H, Rosenkranz C, Böhm J, et al. Dietary inulin affects the morphology but not the sodium-dependent glucose and glutamine transport in the jejunum of broilers. *Poultry Science*, 2007;86 (1): 118-122.

ALTERNATİF VE FONKSİYONEL YEMLERİN HAYVANCILIKTA REKABET GÜCÜ, ÜRETİM MALİYETLERİ VE EKONOMİK SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÜZERİNE ETKİLERİ

*Demet ÇANGA BOĞA*¹

*Mustafa BOĞA*²

1. GİRİŞ

Hayvancılık sektörü, artan dünya nüfusunun güvenli ve yeterli hayvansal protein gereksiniminin karşılanmasında stratejik öneme sahip temel üretim alanlarından biridir. Süt, et ve yumurta gibi hayvansal ürünler; yüksek kaliteli protein, esansiyel amino asitler, vitaminler ve mineraller bakımından insan beslenmesinde vazgeçilmez bir yere sahiptir. Bununla birlikte sektör, yalnızca artan gıda talebini karşılamakla değil, aynı zamanda ekonomik sürdürülebilirlik, çevresel etkilerin azaltılması, doğal kaynakların etkin kullanımı ve hayvan refahının geliştirilmesi gibi çok boyutlu hedefleri de gerçekleştirmek durumundadır (1,3).

Hayvancılık işletmelerinde üretim maliyetlerini belirleyen en önemli unsur yem giderleridir. Üretim sistemine bağlı olarak toplam maliyetlerin önemli bir bölümünü oluşturan yem giderleri, işletmelerin kârlılığı, rekabet gücü ve ekonomik sürdürülebilirliği üzerinde doğrudan belirleyici rol oynamaktadır. Son yıllarda iklim değişikliği, küresel ekonomik dalgalanmalar, tarımsal üretim alanlarının azalması, su kaynakları üzerindeki baskının artması ve uluslararası ticarete yaşanan belirsizlikler, mısır ve soya küspesi gibi geleneksel yem hammaddelerinin fiyatlarında önemli artışlara neden olmuştur. Bu gelişmeler, daha düşük maliyetli, sürdürülebilir ve yerel kaynaklara dayalı alternatif yemlerin geliştirilmesini hayvancılık sektörünün öncelikli araştırma alanlarından biri hâline getirmiştir (3-6).

¹ Doç. Dr., Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, demetcangaboga@ohu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-3319-7084

² Prof. Dr., Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Bor Meslek Yüksek Okulu, Gıda İşleme Bölümü, mboga@ohu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-8277-9262

9. KAYNAKLAR

1. Pexas G, Doherty B, Kyriazakis I. The future of protein sources in livestock feeds: implications for sustainability and food safety. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2023;7. doi:10.3389/fsufs.2023.1188467
2. Khanal P, Dhakal R, Khanal T, Pandey D, Devkota NR, Nielsen MO. Sustainable Livestock Production in Nepal: A Focus on Animal Nutrition Strategies. *Agriculture*. 2022;12(5):679-679. doi:10.3390/agriculture12050679
3. Lanza M, Battelli M, Gallo L, et al. Sustainability of Animal Production Chains: Alternative Protein Sources as an Ecological Driver in Animal Feeding: A Review. *Animals*. 2025;15(22):3245-3245. doi:10.3390/ani15223245
4. Pinotti L, Manoni M, Ferrari L, Tretola M, Cazzola R, Givens I. The Contribution of Dietary Magnesium in Farm Animals and Human Nutrition. *Nutrients*. 2021;13(2):509-509. doi:10.3390/nu13020509
5. Erzurumlu GS, Boğa M. Çiftlik Alanlarında Tampon Bölge Oluşturulması Çalışmalarında Sürdürülebilirlik Açısından Bitkilerin Önemi. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*. 2020;8(10):2092-2098. doi:10.24925/turjaf.v8i10.2092-2098.3530
6. Boğa M, Kılıç HN, Bulut M, Çanga D. Use of Some Forage Plants Produced by Hydroponic System in Ruminant Animal Nutrition. *Hayvan Bilimi ve Ürünleri Dergisi*. 2023;6(1):103-113. doi:10.51970/jasp.1242075
7. Malenica D, Kass M, Bhat R. Sustainable Management and Valorization of Agri-Food Industrial Wastes and By-Products as Animal Feed: For Ruminants, Non-Ruminants and as Poultry Feed. *Sustainability*. 2022;15(1):117-117. doi:10.3390/su15010117
8. Chisoro P, Jaja IF, Assan N. Incorporation of local novel feed resources in livestock feed for sustainable food security and circular economy in Africa. *Frontiers in Sustainability*. 2023;4. doi:10.3389/frsus.2023.1251179
9. Alimi N, Séidou AA, Worogo HS, Baco NM, Traoré IA. Livestock feed resources used as alternatives during feed shortages and their impact on the environment and ruminant performance in West Africa: a systematic review. *Frontiers in Veterinary Science*. 2024;11:1352235-1352235. doi:10.3389/fvets.2024.1352235
10. Liu L, Wang P, Liu S, et al. Meta-analyses of the global impact of non-antibiotic feed additives on livestock performance and health. *Journal of Advanced Research*. 2025;79:1-14. doi:10.1016/j.jare.2025.03.009
11. Bedford MR, Cowieson AJ. Exogenous enzymes and their effects on intestinal absorption and utilization of nutrients in poultry. *Animal Feed Science and Technology*. 2012;171:115-125.
12. Vandeplas S, Dauphin RD, Beckers Y, Thonart P, Théwis A. Diets supplemented with a dried yeast culture or a Galactooligosaccharide decrease *Salmonella* Enteritidis colonization in broilers. *Poultry Science*. 2010;89(10):2120-2126.
13. Dhama K, Latheef SK, Mani S, et al. Multiple beneficial applications of phytobiotics in poultry: A review. *International Journal of Pharmacology*. 2015;11(3):152-176.
14. Ayalew H, Zhang H, Wang J, et al. Potential Feed Additives as Antibiotic Alternatives in Broiler Production. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022;9:916473-916473. doi:10.3389/fvets.2022.916473
15. Celi P, Cowieson AJ, Fru-Nji F, Steinert RE, Klünter A, Verlhac V. Gastrointestinal functionality in animal nutrition and health: New opportunities for sustainable animal production. *Animal Feed Science and Technology*. 2017;234:88-100. doi:10.1016/j.anifeedsci.2017.09.012
16. Onomu AJ, Okuthe GE. The Role of Functional Feed Additives in Enhancing Aquaculture Sustainability. *Fishes*. 2024;9(5):167-167. doi:10.3390/fishes9050167
17. Yadav S, Jha R. Strategies to modulate the intestinal microbiota and their effects on nutrient utilization, performance, and health of poultry. *Journal of Animal Science and Biotechnology/ Journal of animal science and biotechnology*. 2019;10(1):2-2. doi:10.1186/s40104-018-0310-9
18. Chemerys V, Maksym V, Dushka V, Dadák O, Ostapiv OI, Kulii V. Economic efficiency of feed

- use in milk production in agricultural enterprises of Ukraine. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. 2024;25(102):34-41. doi:10.32718/nvlvet-e10205
19. Sarica D, Demircan V, Naziroglu A, Aydin O, Köknaroğlu H. The cost and profitability analysis of different dairy farm sizes. *Tropical Animal Health and Production*. 2022;54(5):320-320. doi:10.1007/s11250-022-03321-5
 20. Nyhodo B, Mmbengwa V, Balarane A, Ngetu X. Formulating the Least Cost Feeding Strategy of a Custom Feeding Programme: A Linear Programming Approach. Published online December 30, 2014.
 21. Mijić D, Vico G, Popović BV, Popović N, Ljubojević M, Savić M. OPTIMILK: A Web-Based Tool for Least-Cost Dairy Ration Optimization Using Linear Programming. *Agriculture*. 2024;14(9):1580-1580. doi:10.3390/agriculture14091580
 22. Pinotti L, Giromini C, Ottoboni M, Tretola M, Marchis D. Review: Insects and former foodstuffs for upgrading food waste biomasses/streams to feed ingredients for farm animals. *animal*. 2019;13(7):1365-1375. doi:10.1017/s1751731118003622
 23. Gasco L, Acuti G, Bani P, et al. Insect and fish by-products as sustainable alternatives to conventional animal proteins in animal nutrition. *Italian Journal of Animal Science*. 2020;19(1):360-372. doi:10.1080/1828051x.2020.1743209
 24. Neal M, Roche JR. Profitable and resilient pasture-based dairy farm businesses in New Zealand. *Animal Production Science*. 2019;60(1):169-174. doi:10.1071/an18572
 25. Hanrahan L, McHugh N, Hennessy T, et al. Factors associated with profitability in pasture-based systems of milk production. *Journal of Dairy Science*. 2018;101(6):5474-5485. doi:10.3168/jds.2017-13223
 26. Karaman S, Taşçıoğlu Y, Bulut OD. Profitability and Cost Analysis for Contract Broiler Production in Turkey. *Animals*. 2023;13(13):2072-2072. doi:10.3390/ani13132072
 27. Kaur U, Malacco VMR, Bai H, et al. Invited review: integration of technologies and systems for precision animal agriculture—a case study on precision dairy farming. *Journal of Animal Science*. 2023;101. doi:10.1093/jas/skad206
 28. Frizzarin M, Gormley IC, Berry DP, et al. Predicting cow milk quality traits from routinely available milk spectra using statistical machine learning methods. *Journal of Dairy Science*. 2021;104(7):7438-7447. doi:10.3168/jds.2020-19576
 29. Neethirajan S. Artificial Intelligence and Sensor Technologies in Dairy Livestock Export: Charting a Digital Transformation. *Sensors*. 2023;23(16):7045-7045. doi:10.3390/s23167045
 30. Vlaicu PA, Gras MA, Untea AE, Lefter NA, Rotar MC. Advancing Livestock Technology: Intelligent Systemization for Enhanced Productivity, Welfare, and Sustainability. *AgriEngineering*. 2024;6(2):1479-1496. doi:10.3390/agriengineering6020084
 31. Mohite A, Patil SS. Machine Learning Techniques for Improving and Predicting Milk Yield in Dairy Cows. *International Research Journal on Advanced Engineering and Management (IRJA-EM)*. 2025;3(8):2747-2750. doi:10.47392/irjaem.2025.0431
 32. Papakonstantinou G, Voulgarakis N, Terzidou G, Fotos L, Giamouri E, Papatsiros VG. Precision Livestock Farming Technology: Applications and Challenges of Animal Welfare and Climate Change. *Agriculture*. 2024;14(4):620-620. doi:10.3390/agriculture14040620
 33. Lovarelli D, Bacenetti J, Guarino M. A review on dairy cattle farming: Is precision livestock farming the compromise for an environmental, economic and social sustainable production? *Journal of Cleaner Production*. 2020;262:121409-121409. doi:10.1016/j.jclepro.2020.121409
 34. Gönce S, Genç AD, Çanga Boğa D. Doğrusal programlama ile öğrenci sporcular için haftalık menü planlaması: Besin ihtiyaçları ve maliyet optimizasyonu. In: *Anadolu 18. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Konferansı*. Vol 18. Anadolu Üniversitesi; 2025.
 35. Kocadal HÇ, Boğa M. *Süt Sığırlarının Beslenmesi*. Necmettin Erbakan Üniversitesi Yayınları; 2025:41-55.
 36. Palma O, Plà-Aragonès LM, Cawley AM, Albornoz VM. AI and Data Analytics in the Dairy Farms: A Scoping Review. *Animals*. 2025;15(9):1291-1291. doi:10.3390/ani15091291

37. Tedeschi LO, Greenwood PL, Halachmi I. Advancements in sensor technology and decision support intelligent tools to assist smart livestock farming. *Journal of Animal Science*. 2021;99(2). doi:10.1093/jas/skab038
38. Karadağ E, Okur A. Bazı Gıda Endüstrisi Yan Ürünlerinin Besin Madde İçerikleri ve Hayvan Beslemede Alternatif Yem Hammaddesi Olarak Kullanım Olanakları. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*. 2022;10(11):2180-2187. doi:10.24925/turjaf.v10i11.2180-2187.5387
39. Makkar HPS. Safe and nutritious animal feed: A key to food security. *Animal Production Science*. 2016;56(3):263-274.
40. Zanten HHV. The role of farm animal nutrition in a circular bioeconomy. *Global Food Security*. 2019;21:36-44.
41. Bampidis V, Robinson PH. Citrus by-products as ruminant feeds: A review. *Animal Feed Science and Technology*. 2006;128:175-217. doi:10.1016/j.anifeedsci.2005.12.002
42. García-Rodríguez A. Grape pomace in ruminant diets: A review of its effects on animal performance and product quality. *Animals*. 2019;9(12):1047.
43. Stein HH, Shurson GC. BOARD-INVITED REVIEW: The use and application of distillers dried grains with solubles in swine diets. *Journal of Animal Science*. 2008;87(4):1292-1303. doi:10.2527/jas.2008-1290
44. Mussatto SI, Dragone G, Roberto IC. Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications. *Journal of Cereal Science*. 2005;43(1):1-14. doi:10.1016/j.jcs.2005.06.001
45. Veldkamp T, Duinkerken G van, Huis A van, et al. *Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets : a feasibility study = Insecten als duurzame diervoedergrondstof in varkens- en pluimveevoeders : een haalbaarheidsstudie*. Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences; 2012. Accessed July 2026. <https://research.wur.nl/en/publications/insects-as-a-sustainable-feed-ingredient-in-pig-and-poultry-diets>
46. Kiron V. Fish nutrition—current trends in nutrient profile and feed ingredients. *Aquaculture Research*. 2012;43(4):473-476.
47. Min JH, Lee YJ, Kang HJ, et al. Characterization of Yeast Protein Hydrolysate for Potential Application as a Feed Additive. *Food Science of Animal Resources*. 2024;44(3):723-737. doi:10.5851/kosfa.2024.e33
48. Cherdthong A. An Overview of Alternative Protein Sources for Ruminants in the Tropical Area. *Annals of Animal Science*. 2024;25(1):103-118. doi:10.2478/aoas-2024-0049
49. Ng TC, Ghobakhloo M, Iranmanesh M, Maroufkhani P, Asadi S. Industry 4.0 applications for sustainable manufacturing: A systematic literature review and a roadmap to sustainable development. *Journal of Cleaner Production*. 2021;334:130133-130133. doi:10.1016/j.jclepro.2021.130133
50. Budağ C. Sürdürülebilir Tarım ve Doğa Bilimlerinde Yenilikçi Çalışmalar. İn: *Van Yüzüncü Yıl University Academic Data Management System*. 2023. Accessed March 2026. <https://avesis.yyu.edu.tr/publication/details/817e2e39-9c4b-41ee-8c18-a789a8bec925/oai>
51. Niazifar M, Taghizadeh A, Palangi V. Intestinal Oxidative Stress and its Impact of Unconventional Feed Fermentation. *DergiPark (Istanbul University)*. Published online January 1, 2024. doi:10.5281/zenodo.12518192
52. Jata N, Swain RK, Raula A, Priyadarshini NP. Alternative Feed Ingredients for Sustainable Livestock Production. In: 2024:194-204. doi:10.58532/v3bcag24ch16
53. Coffey D, Dawson K, Ferket PR, Connolly A. Review of the feed industry from a historical perspective and implications for its future. *Journal of Applied Animal Nutrition*. 2016;4. doi:10.1017/jan.2015.11
54. Doğan E, Kirkpınar F. Bazı Alternatif Yem Kaynaklarının Hayvan Beslemede Kullanım Olanakları. Published online July 19, 2023. doi:10.52460/issc.2023.010
55. Dou Z, Toth JD, Pitta D, et al. Proof of concept for developing novel feeds for cattle from wasted food and crop biomass to enhance agri-food system efficiency. *Scientific Reports*.

- 2022;12(1):13630-13630. doi:10.1038/s41598-022-17812-w
56. Petcu CD, Tăpăloagă D, Mişai OD, et al. Harnessing Natural Antioxidants for Enhancing Food Shelf Life: Exploring Sources and Applications in the Food Industry. *Foods*. 2023;12(17):3176-3176. doi:10.3390/foods12173176
57. Ávila-Nava A, Vera I, Toledo-Alvarado H, Corona L, Márquez-Mota CC. Supplementation with antioxidants and phenolic compounds in ruminant feeding and its effect on dairy products: a systematic review. *Journal of Dairy Research*. 2023;90(3):216-226. doi:10.1017/s0022029923000511
58. Koyuncu M, Nageye Fİ. İklim Değişikliğinin Sürdürülebilir Hayvancılığa Etkileri. *Hayvansal Üretim*. 2020;61(2):157-167. doi:10.29185/hayuretim.673145
59. Sumbule EK, Ambula MK, Osuga IM, et al. Cost-Effectiveness of Black Soldier Fly Larvae Meal as Substitute of Fishmeal in Diets for Layer Chicks and Growers. *Sustainability*. 2021;13(11):6074-6074. doi:10.3390/su13116074
60. Gheorghe RAI, Tăpăloagă D, Şonea C, Ghimpeţeanu OM, Gurău MR, Tăpăloagă PR. Reviewing the Role of Functional Ingredients in Improving Immune Health and Disease Management in Breeding Animals: Current Perspectives and Emerging Trends. *Annals of "Valahia" University of Târgovişte Agriculture*. 2024;16(1):43-50. doi:10.2478/agr-2024-0008
61. Küçükoflaz M, AYDIN E. Hayvancılıkta Probiyotik Kullanımının Fayda-Maliyet İlişkisi. İn: *Özgür Yayınları eBooks*. 2023. doi:10.58830/ozgur.pub358.c1518
62. Franke K, Meyer U, Flachowsky G. Distillers dried grains with solubles compared with rapeseed meal in rations of dairy cows. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 2009;18(4):601-612. doi:10.22358/jafs/66434/2009
63. Mammi LME, Buonaiuto G, Ghiaccio F, et al. Combined Inclusion of Former Foodstuff and Distiller Grains in Dairy Cows Ration: Effect on Milk Production, Rumen Environment, and Fiber Digestibility. *Animals*. 2022;12(24):3519-3519. doi:10.3390/ani12243519
64. Sandström V, Chrysafi A, Lamminen M, et al. Food system by-products upcycled in livestock and aquaculture feeds can increase global food supply. *Nature Food*. 2022;3(9):729-740. doi:10.1038/s43016-022-00589-6
65. Sasikala-Appukuttan AK, Schingoethe DJ, Hippen AR, Kalscheur KE, Karges K, Gibson ML. The Feeding Value of Corn Distillers Solubles for Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 2007;91(1):279-287. doi:10.3168/jds.2007-0250
66. Kleinschmit DH, Schingoethe DJ, Kalscheur KE, Hippen AR. Evaluation of Various Sources of Corn Dried Distillers Grains Plus Solubles for Lactating Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. 2006;89(12):4784-4794. doi:10.3168/jds.s0022-0302(06)72528-0
67. Litonina AS, Smirnova YuM, Платонов АВ, Laptev GYu, Dunyashev TP, Бутакова МВ. Application of enzyme probiotic drug developed based on microorganisms of the rumen of reindeer (*Rangifer tarandus*) in feeding cows. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2021;12(1):109-115. doi:10.15421/022117
68. Tekeli A, Bilgeçli K, Farsak E. The effects of Diamond V XP (*Saccharomyces cerevisiae*) complete yeast product added to dairy cattle rations on milk production and milk fat. *DergiPark (Istanbul University)*. 2013;23(3):256-263. Accessed November 2025. <http://dergipark.gov.tr/yyutbd/issue/21975/235965>
69. Akbay C, ÇETİNKAYA S, AKBAY F. Türkiye'de Coğrafi Bölgelere Göre Süt Sığırcılığı İşletmelerinde Yem Bitkisi Üretim Durumu. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 2023;10(4):1156-1166. doi:10.30910/turkjans.1285087
70. Ikusika SO, Oyeade O, Luvuyo B, Festus JI. Efficiency and Sustainability of Alternative Protein Sources for Livestock Production in Sub-Saharan Africa: A Systematic Review and Meta-Analysis. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*. 2025;20(4):395-404. doi:10.3844/ajavsp.2025.395.404
71. Hoerterer C, Petereit J, Lannig G, et al. Sustainable fish feeds: potential of emerging protein sources in diets for juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*) in RAS. *Aquaculture Internatio-*

- nal. 2022;30(3):1481-1504. doi:10.1007/s10499-022-00859-x
72. Nisa N, Alam J, Rahman T, Ratul MdAR, Borsha RP. Effects of Combined Dietary Additives with Commercial Feed on Broiler Production. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*. 2025;13(9):2647-2654. doi:10.24925/turjaf.v13i9.2647-2654.7758
 73. Ogwuegbu MC, Ali LC, Chukwudi P, et al. Modulating the gut microbiome: strategies for improved poultry health and productivity. *Agriculture & Food Security*. 2026;14(1). doi:10.1186/s40066-025-00582-9
 74. Mugabe LC, Lents MP, Pinheiro EEG, Muchanga RA. Alternative Animal Feeding for Intensive Livestock Farming Systems and Their Impact on Reproductive Performance of Ruminants. In: *IntechOpen eBooks*. IntechOpen; 2023. doi:10.5772/intechopen.106061
 75. Kutlu HR, Şahin A. Kanatlı Beslemede Güncel Çalışmalar ve Gelecek için Öneriler. *Hayvansal Üretim*. Published online December 20, 2017. doi:10.29185/hayuretim.333882
 76. Brunetto ALR, Deolindo GL, Santos AL de F dos, et al. Performance, Metabolism, and Economic Implications of Replacing Soybean Meal with Dried Distillers Grains with Solubles in Feedlot Cattle Diets. *Fermentation*. 2025;11(7):363-363. doi:10.3390/fermentation11070363
 77. Hristakieva P, Mincheva N, Ivanova I, Oblakova M, Ivanov N, Slavov I. Use of Distiller's Dried Grains with Solubles (DDGS) from corn or wheat in broiler diets. *Bulgarian Journal of Animal Husbandry*. 2023;60(5):22-34. doi:10.61308/yfao2885
 78. Waithaka MK, Osuga IM, Kabuaga LW, et al. Evaluating the growth and cost-benefit analysis of feeding improved indigenous chicken with diets containing black soldier fly larva meal. *Frontiers in Insect Science*. 2022;2:933571-933571. doi:10.3389/finsc.2022.933571
 79. Ibrahim D, Moustafa A, Shahin SE, et al. Impact of Fermented or Enzymatically Fermented Dried Olive Pomace on Growth, Expression of Digestive Enzyme and Glucose Transporter Genes, Oxidative Stability of Frozen Meat, and Economic Efficiency of Broiler Chickens. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021;8:644325-644325. doi:10.3389/fvets.2021.644325
 80. Lokapirnasari WP, Dewi AR, Fathinah A, et al. Effect of probiotic supplementation on organic feed to alternative antibiotic growth promoter on production performance and economics analysis of quail. *Veterinary World*. 2017;10(12):1508-1514. doi:10.14202/vetworld.2017.1508-1514
 81. Erten K, Coşkuntuna L, GÜL S, Koç F. Süt Sığırcı Rasyonlarında Farklı Oranlarda Kullanılan Kaba ve Kesif Yemlerin In Vitro Gaz Üretim Parametreleri Üzerine Etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 2024;11(1):249-259. doi:10.30910/turkjans.1351810
 82. Koneswaran G, Nierenberg D. Global Farm Animal Production and Global Warming: Impacting and Mitigating Climate Change. *Environmental Health Perspectives*. 2008;116(5):578-582. doi:10.1289/ehp.11034
 83. Zanten HHE van, Bikker P, Meerburg BG, Boer IJM de. Attributional versus consequential life cycle assessment and feed optimization: alternative protein sources in pig diets. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 2017;23(1):1-11. doi:10.1007/s11367-017-1299-6
 84. Ingrao C, Bacenetti J, Bezama A, et al. The potential roles of bio-economy in the transition to equitable, sustainable, post fossil-carbon societies: Findings from this virtual special issue. *Journal of Cleaner Production*. 2018;204:471-488. doi:10.1016/j.jclepro.2018.09.068
 85. Pinotti L, Luciano A, Ottoboni M, et al. Recycling food leftovers in feed as opportunity to increase the sustainability of livestock production. *Archivio Istituzionale della Ricerca (Universita Degli Studi Di Milano)*. 2021;294:126290-126290. doi:10.1016/j.jclepro.2021.126290
 86. Mirabella N, Castellani V, Sala S. Current options for the valorization of food manufacturing waste: a review. *Journal of Cleaner Production*. 2013;65:28-41. doi:10.1016/j.jclepro.2013.10.051
 87. Kapler M, Cichoń S. Food Transport Management in A Selected Logistics Company. *Scientific Papers of Silesian University of Technology Organization and Management Series*. 2025;2025(217):141-154. doi:10.29119/1641-3466.2025.217.9
 88. Syahrulawal L, Torske MO, Sapkota R, Næss G, Khanal P. Improving the nutritional values of yellow mealworm *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae as an animal feed

- ingredient: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology/Journal of animal science and biotechnology*. 2023;14(1):146-146. doi:10.1186/s40104-023-00945-x
89. Efe A, Tunçbilek M. Yapay Zekâ Algoritmaları ile Dönüşen Denetim Araçları Üzerine Bir Değerlendirme. *Denetışim*. 2023;(27):72-102. doi:10.58348/denetisim.1195294
90. Atalay M, Çelik E. Büyük Veri Analizinde Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi Uygulamaları - Artificial Intelligence And Machine Learning Applications in Big Data Analysis. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. Published online December 19, 2017:155-172. doi:10.20875/makusobed.309727
91. Weinand JM, Scheller F, McKenna R. Reviewing energy system modelling of decentralized energy autonomy. *arXiv (Cornell University)*. 2020;203:117817-117817. doi:10.1016/j.energy.2020.117817
92. Güven AF, Yörükören N. Bir Hibrit Enerji Sisteminin Parçacık Sürüşü Optimizasyon Algoritması- Genetik Algoritma ve Gri Kurt Optimizasyon Algoritma Tekniğı ile Enerji Yönetimi ve Optimizasyonu: Yalova Üniversitesi için bir vaka çalışması. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*. 2022;12(2):853-879. doi:10.31466/kfbd.1169643
93. AL-Kuhla AAWM. The Role of Biotechnology in Animal Nutrition. *Natural and Engineering Sciences*. 2025;10(2):540-551. doi:10.28978/nesciences.1758862
94. Kahrman M, Yılmaz H. Sürdürülebilir Hayvancılıkta Yenilikçi Teknolojilerin Kullanımı. *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*. 2024;6(1):64-71. doi:10.55979/tjse.1411387
95. Sevlı O. A Digital Agriculture Application According to The Scale of Agriculture 4.0: Farm Monitoring and Management System. *DergiPark (Istanbul University)*. Published online September 4, 2023. Accessed March 2026. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/usmtid/issue/80956/1354920>
96. Akintan O, Gebremedhin KG, Uyeh DD. Linking Animal Feed Formulation to Milk Quantity, Quality, and Animal Health Through Data-Driven Decision-Making. *Animals*. 2025;15(2):162-162. doi:10.3390/ani15020162
97. Milani M, Macit M, Hepkarşı F. Ration Preparation of Dairy Cows with an Innovative Method: A Multi-Objective Optimization Approach. *DergiPark (Istanbul University)*. Published online December 20, 2023. Accessed June 2026. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/else/issue/82139/1407184>
98. Özzen D, Özgüven MM. Karma Yem Üretiminde Üretim Kapasitesinin Artırılması ve Enerji Tasarrufu Sağlanması için Yeni Bir Öneri. *DergiPark (Istanbul University)*. Published online October 30, 2020. Accessed June 2026. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/turkager/issue/62694/818360>