

Keçilerde Metan Gazı Salınımının Tespitinde Laktuloz Nefes Testinin Yeri: Kesitsel Araştırma

The Role of Lactulose Breath Test in Detection of Methane Gas Release in Goats: A Cross-Sectional Study

Deniz ALIÇ URAL^a

^aAydın Adnan Menderes Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Zootekni ve Hayvan Besleme Bölümü, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları AD, Aydın, Türkiye

ÖZET Amaç: Rasyon bileşimi, ırk ve çevresel faktörler (sıcaklık, stres, uygun olmayan barındırma vb.) rumen fonksiyonunu ve enterik metan (CH₄) emisyonunu (salınımı) olumsuz etkileyen yaygın faktörlerdir. Her bir geviş getiren hayvanın her gün küresel iklim değişikliği ile birlikte en güçlü sera gazlarından olan CH₄ salınımına neden olduğu göz önünde bulundurulursa keçilerin buradaki katkısı da muhakkak araştırılmalıdır. **Gereç ve Yöntemler:** Kesitsel (durum saptama) bu araştırmada, saha koşullarında sağlıklı görünümde 29 Saanen Keçisinde onar g laktuloz yükleme testi sonrası nefes testi yapılarak CH₄ gazı salınımı araştırıldı. Özel torbalara 12-47 sn'lik sürelerde laktuloz yüklemesini müteakip 0, 30, 60 ve 90. dk'larda ekshale nefes (hava) toplanarak eş zamanlı uygulamalar sonrası elde edilen gaz dinamiklerinin araştırılması için Sunvou Nefes Analizatörüne aktarıldı. Elde edilen gaz dinamiklerine ait grafikler software program aracılığıyla PDF dokümanlarına dönüştürülerek sonuçlar irdelendi. **Bulgular:** Grupların kendi içerisinde karşılaştırmasında fark çıkmasa da ölçüm zamanlarının hepsi farklı çıkmıştır. Laktuloz yüklemesi sonrası sırası ile 0, 30, 60 ve 90. dk'lar karşılaştırıldığında sabah 08.00 verileri ile öğlen 12.00 değerleri arasında belirgin istatistiksel farklılıklar belirendi. Sıfırıncı dk yani bazal çıkış değerleri (laktuloz yükleme testi öncesi ortalama±standart hata değerleri ppm cinsinden) 12,20±0,92 (sabah 08.00) ve 24,13±4,67 (öğlen 12.00) (p<0,001) metan emisyonunu gösterirken, 90. dk'larda sırası ile sabah ve öğlen değerleri 14,20±3,33 ve 22,25±3,54 ppm olarak belirlendi. **Sonuç:** Sıcaklık artışı ve dolaylı stresin metan gazı salınımını artırdığı ve keçilerde bu durumun dikkate alınarak gerekli kontrol stratejilerinin geliştirilmesi gerekliliği açıktır.

ABSTRACT Objective: Diet composition, breed and environmental factors (temperature, stress, inappropriate housing etc.) are common factors that negatively affect rumen function and enteric methane (CH₄) emission. Considering that each ruminant animal causes CH₄ emission, one of the most powerful greenhouse gases together with global climate change, every day, the contribution of goats here should definitely be investigated. **Material and Methods:** In this cross-sectional (condition determination) study, CH₄ gas emission was investigated by performing breath tests after 10 g lactulose loading test in 29 healthy Saanen Goats under field conditions. Exhaled breath (air) was collected in special bags at 0th, 30th, 60th and 90th minutes following lactulose loading for 12-47 seconds and transferred to Sunvou Breath Analyzer for the investigation of gas dynamics obtained after simultaneous applications. The obtained gas dynamics graphs were converted into PDF documents by software program and the results were examined. **Results:** Although there was no difference in the comparison of the groups within themselves, all measurement times were different. When the 0th, 30th, 60th and 90th minutes after lactulose loading were compared, significant statistical differences were determined between the 08.00 morning data and 12.00 noon values. While the 0th minute, i.e. basal output values (mean±standard error values before lactulose loading test in ppm) showed methane emissions of 12.20±0.92 (08.00 morning) and 24.13±4.67 (12.00 noon) (p<0.001), at the 90th minute, the morning and noon values were determined as 14.20±3.33 and 22.25±3.54 ppm, respectively. **Conclusion:** It is clear that temperature increase and indirect stress increase methane gas release and that the necessary control strategies should be developed in goats by taking this situation into account.

Anahtar Kelimeler: İklim; keçi; metan gazı; sıcaklık stresi

Keywords: Climate; goat; methane gas; heat stress

Correspondence: Deniz ALIÇ URAL

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Zootekni ve Hayvan Besleme Bölümü,

Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları AD, Aydın, Türkiye

E-mail: alicedeniz@gmail.com



Peer review under responsibility of Türkiye Klinikleri Journal of Veterinary Sciences.

Received: 07 Aug 2024

Received in revised form: 01 Oct 2024

Accepted: 08 Oct 2024

Available online: 21 Oct 2024

2146-8850 / Copyright © 2024 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Bir hayvanın, özellikle bu makaleye konu olduğu üzere geviş getirenlerin, değişen iklim koşullarıyla başa çıkabilmesi ve bu koşullara uyum sağlayabilmesi, rumen ve rumende yaşayan konsorsiyumun üyelerin (bakteri, protozoa, mantar, virüs ve arkea gibi canlıların) işlevlerine bağlıdır. Yaz aylarında, hâlihazırda eşyanın tabiatı gereği, artan ortam sıcaklığı, rumenin temel fizyolojisini derinden sarsabilecek etkinliğe sahip olabilir ki bu koşullarda hayvanların beslenme durumunu etkileyebilir.¹ Rumen uçucu yağ asidi (UYA) üretimi, aşırı sıcak koşullar altında azalır.^{2,3} Artan kanıtlar, keçi ırkları arasında ısı stresinin rumen fermantasyon modeli ve UYA üretimi üzerindeki etkisinde genetik farklılıklar olduğunu göstermektedir.⁴ Isı stresinin rumen fermantasyonu ve enterik metan (CH₄) emisyonu üzerindeki etkilerinin çoğu rumen mikrobiyal popülasyonundaki farklılıklara bağlanmaktadır.^{5,6} Isı stresinin neden olduğu rumen fonksiyonlarındaki bozulma temel olarak *Streptococcus* cinsi bakterilerdeki artış ve *Fibrobactor* cinsi bakterilerdeki azalma ile ilişkilidir.⁷ Küresel ısınma ve sera etkisindeki önemli rolünün yanı sıra enterik CH₄ keçilerde diyetle enerji kaybı olarak da kabul edilir.^{1,8,9} Bu etkiler, keçi yetiştiriciliğinden optimum ekonomik getiri sağlamanın yanı sıra CH₄'ün en güçlü sera gazlarından biri olması nedeniyle küresel ısınma üzerindeki etkiyi azaltmak için CH₄ üretiminin azaltılmasını gerektirmektedir.^{1,10} Ülkemizde bu duruma yönelik bilgi gerekliliği göz önünde bulundurulduğunda, kesitsel gerçekleştirilen bu çalışmada, öncü ve uç bilgi araştırması kapsamında enterik metan gazı salınımına ait dinamiklerin, memleketimizin en sıcak coğrafik illeri arasında yer alan Aydın'da keçilerde gerçekleştirilmesi ile bir nevi sıcaklık stresi ve metan gazı salınımı arasındaki ilişkinin de irdelenmesi amaçlandı.

Morfolojik olarak çok yönlü olan ve benzersiz bir otlama potansiyeline sahip keçi türleri, değişen iklime diğer geviş getiren hayvan türlerinden daha kolay uyum sağlamak ve sonuç olarak dünya çapında birçok yoksul ve marjinal çiftçi için önemli bir gelir ve beslenme kaynağı olmaya devam etmektedir.¹¹ Keçiler aynı zamanda tropikal ve subtropikal bölgelerdeki kadınlar, çocuklar ve

yaşlılar için başlıca istihdam ve gelir kaynağıdır.¹² Sektörün önemli gelir kaynakları arasında süt, et, gübre, yün ve deri yer almaktadır.¹³ Küçükbaş hayvan ve özellikle keçi yetiştiriciliği, nispeten düşük girdi gereksinimleri ve buna karşılık beklenen yüksek verim nedeniyle çok önemlidir.¹⁴ Ayrıca keçiler, birim vücut ağırlığı başına diğer tüm evcil geviş getiren hayvanlardan daha az enterik CH₄ yaymaktadır.¹⁵ Geniş otlama sistemleri için değişen iklim senaryosu, hayvanları üretimlerini, sağlıklarını ve hayatta kalmalarını etkileyebilecek çeşitli stres faktörlerine maruz bırakmaktadır.¹⁶ Bunlar arasında, ısı stresi hayvan performansını olumsuz etkileyen en önemli stres faktörü olarak görünmektedir.⁶ Ayrıca, sıcaklık stresi keçilerin sindirim ve rumen fermantasyon düzenini de etkileyerek üretim performansının düşmesine katkıda bulunabilir.⁵ Bir hayvanın değişen iklim koşullarıyla başa çıkabilmesi ve bu koşullara uyum sağlayabilmesi, rumen ve rumen mikroorganizmalarının uygun işleyişini sürdürmesine bağlıdır.¹⁷ Yüksek ortam sıcaklığı bu süreçlere zarar verebilir ve sonuçta özellikle keçi üretiminin yoğunluğuna bağlı olarak CH₄ üretim seviyesini etkileyebilir ve bu da değişen iklim senaryosunda keçi üretimini sürdürmek için bu tür emisyonları azaltmaya yönelik uygun azaltma stratejileri gerektirecektir.⁵ Keçilerin diğer ruminant türlerine göre iklime daha dayanıklı olduğu düşünüldüğünde, yüksek ortam sıcaklıklarına maruz kalma sırasında keçi verimliliğini anlamak için araştırma çabalarına ihtiyaç vardır. Bu nedenle bu çalışma, ısı stresinin rumen fermantasyonu, enterik CH₄ emisyonları ve keçilerde CH₄ üretimi ve azaltımı ile ilişkili çeşitli mekanizmalar üzerindeki etkilerine ilişkin mevcut bilgileri ve son araştırmaları bir araya getirme ve sentezleme girişimidir.

Bu çalışmada, iklimsel koşullar açısından değişime dayanıklı olan keçilerde metan gazı salınımının tespiti ile buna yönelik laktuloz nefes testinin öneminin araştırılması amaçlandı.

Keçilerin, kendi içerisinde de yer aldığı diğer geviş getiren hayvan türlerine göre iklimsel değişime daha dayanıklı olduğu düşünüldüğünde, Aydın ili gibi bu çalışmanın yazarının yer aldığı sıcak coğrafi lokalizasyonlarda yüksek ortam sıcaklıklarına maruz

kalma sırasında keçilerde gastrointestinal değişimi anlamak için araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

DEMOGRAFİK VERİLER İLE NEFES TESTİ METODOLOJİSİ

Aydın ili, ine ilçesi sınırlarında yer alan 79 başlık keçiden 26'sında sabah 08.00 ile öğlen saat 12.00'de iki farklı saat diliminde aynı hayvanlardan onar g laktuloz (SİBOLAC Solüsyonu, RDA Grup, İstanbul, Türkiye) yükleme testi sonrası 0, 30, 60 ve 90. dk'larda (her 2 seansta dörder kez olmak üzere) özel nefes toplama aparatı ve torbaları (Sunvou® nefes testi toplama torbaları, Kore; Türkiye tarafı distribütörü RDA Grup, İstanbul, Türkiye) ekshale edilen nefes toplandı. Özel aracılı aparat [inhale havayı engelleyen özel girişe sahip (Resim 1)] eşliğinde torbalara alına gaz örnekleri mümkün olan en kısa sürede İntestinal Permeabilite Ölçüm Laboratuvarına aktarılarak software program aracılığında Sunvou® Nefes Analizatöründen (Kore menşeli yüklenici firma, Türkiye distirbütörü RDA Grup, İstanbul, Türkiye) bilgisayara veri aktarımı tesis edildi. Ardından sn'nin altında bir sürede her bir test sonucu işlenerek PDF doküman aktarımı mümkün kılındı. Araştırmaya dâhil edilen tüm hayvanlar, "Laboratuar Hayvanlarının Bakım ve Kullanımı Kılavuzu"na uygun olarak insançıl bir muameleye tabi tutuldu.

İSTATİSTİKSEL ANALİZLER

Çalışmadan elde edilen verilerin istatistiksel analizleri SPSS (versiyon 29.0, IBM, ABD) yazılımı kullanılarak gerçekleştirildi. Her grup ve zaman noktası için tanımlayıcı istatistikler hesaplanarak ortalama ve standart sapma değerleri sunuldu. Gruplar arasındaki karşılaştırmalar Mann-Whitney U testi ile grup içi zaman noktaları arasındaki farklar ise Friedman testi ile değerlendirildi. İstatistiksel anlamlılık düzeyi olarak $p < 0,05$ kabul edildi.

BULGULAR

Grup, zaman (laktuloz yükleme testi öncesi 0. dk ile 30, 60 ve 90. dk'larda gerçekleştirilen) analizleri ve dolayısıyla ekshale edilen havada metan gaz dinamiklerine ait değişim Tablo 1'de açıklayıcı şekilde sunuldu. Örneklemler sabah saat 08.00 ile öğlen saat 12.00'de iki farklı zaman diliminde sıcaklık stresinin etkinliğini değerlendirmek açısından gerçekleştirildi.

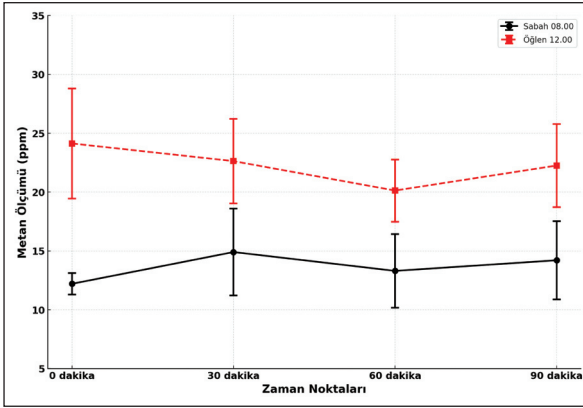
Tablo 1'de gösterildiği üzere grupların kendi içerisinde karşılaştırmasında fark çıkmasa da ölçüm zamanlarının hepsi farklı çıkmıştır. Laktuloz yüklemesi sonrası sırası ile 0, 30, 60 ve 90. dk'lar karşılaştırıldığında sabah 08.00 verileri ile öğlen 12.00 değerleri arasında belirgin istatistiksel farklılıklar Tablo 1'de sunuldu. Sabah 08.00 (27 °C) ile öğlen 12.00 (43 °C) tekrarlayan 4'lü ölçümlere göre öğlen metan gazı salınımının, sabaha göre daha



RESİM 1: Sırası ile a) laktuloz (Sibolac®, RDA Grup, İstanbul, Türkiye) laktuloz solüsyonundan 10 mL keçiye iirilirken, b ve c) iki farklı keide nefes yükleme testi esnasında özel torbalara doldurulan gazın analizi yapılmadan hemen evvel ve d) bilgisayar aracılığında nefes torbalarının Sunvou Nefes Analizatörüne yüklenmeden hemen evvel software programının ve cihazın açılımı ile yüklenmesi.

TABLO 1: Keçilerin laktuloz nefes testi ile ölçülen enterik metan emisyonu.

Grup	Zaman			
	0. dk	30. dk	60. dk	90. dk
Sabah (08.00)	12,20±0,92	14,90±3,70	13,30±3,13	14,20±3,33
Öğlen (12.00)	24,13±4,67	22,63±3,58	20,13±2,64	22,25±3,54
p değeri	0,001	0,001	0,001	0,001



ŞEKİL 1: Çizgisel grafik görsel sunumundan da anlaşılacağı üzere sabah 08.00 ile öğlen 12.00 tekrarlayan 4'lü ölçümlere göre öğlen metan gazı salınımının, sabaha göre daha yüksek değerlerle seyretmesi sıcaklığa bağlı olarak değişime ışık tutmaktadır.

yüksek değerlerle seyretmesi sıcaklığa bağlı olarak değişime ışık tutmaktadır (Şekil 1).

TARTIŞMA

İdeal iklim modeli hayvanı olarak keçilerin önemi oldukça değerli bir derleme ile evvelden sunulmuştur.¹ Küçükbaş hayvanlar, özellikle de keçiler, dünya çapında yoksul ve kırsal kesimdeki çiftçiler için önemli bir gelir ve/veya beslenme kaynağı olarak kabul görmektedir.¹⁵ Ülkemizde de belirli coğrafik bölgelerde benzer durum söz konusu olabilir. Keçi üretimi için düşük ilk yatırım ve yüksek ciro oranı, gelişmekte olan ülkelerde keçi endüstrisinin teşvik edilmesinin arkasındaki başlıca nedenlerdir.^{1,18} Bazı kırsal (özellikle ormanlık) bölgelerde köylülerin paralarını keçi satın almak ve beslemek için yatırdıkları ve bunu gelecek için para biriktirmenin en uygun yollarından birisi olarak gördükleri için bu değerli hayvanları köy bankaları olarak anılmaktadır.¹⁹ Küresel olarak 860 milyondan fazla keçi olduğu tahmin edilmektedir ve son trendler, özellikle insanların beslenme ihtiyaçları için

büyük ruminantlardan elde edilen süt ürünlerinin yerine geçtikleri gelişmekte olan ülkelerde keçilerden elde edilen süt ürünlerine yönelik talebin arttığını göstermektedir.^{20,21} Keçiler, değişen iklime diğer ruminant türlerinden daha kolay uyum sağlayan ve küçük ölçekli çiftçilik sistemlerine çok uygun olan çok yönlü hayvanlardır.¹¹ Küresel keçi nüfusunun çoğu, sık sık kuraklık ve kıtlık yaşanan kurak ve yarı kurak tarımsal-ekolojik bölgelerde yoğunlaşmıştır.²² Bununla birlikte, bu türlerin, çevredeki çevresel dalgalanmalardaki ince değişikliklere karşı oldukça hassas olan diğer geviş getiren hayvanlarla karşılaştırıldığında sert iklimten daha az etkilendiği bildirilmektedir.²³ Bu nedenle, keçi yetiştiriciliği insan beslenmesinin önemli bir kaynağı ve aynı zamanda birçok küçük ve kırsal çiftçi için ekonomik istikrar aracıdır ve iki ana gelir kaynağı olarak et ve gübre sağlar.²² Bu çalışma, Aydın ili genelinde yem bitkisi ekilişi açısından en önemli konulardan birisine sahip Çine ilçesinde gerçekleştirilmiştir. Şöyle ki Aydın'da sırası ile 2012 ve 2021 yılları içerisinde keçi varlığı il genelinde %33,62 ve %25,08 oranlarında gözükmetedir. Mevcut 10 yıllık süreçte keçi popülasyonunda %2,43'lük azalış belirtilmiştir.²⁴ Türkiye İstatistik Kurumu 2021 verileri baz alındığında Çine ilçesinde 9.870 baş keçi mevcut olduğu anlaşılmaktadır. Bu çalışma yine bu minvalde Çine ilçesinde gerçekleştirildiğinden mevcut ölçekte mühim veri sunabilir ki iklim değişiklikleri ile metan salınımı arasındaki ilişki bu çalışmada da olduğu üzere izahata muhtaçtır.

Bu çalışmanın daha iyi anlaşılabilmesi açısından ısı stresinin rumen fonksiyonu üzerindeki etkisinin kısaca tartışılması yerinde olacaktır. Kanıta dayalı veriler aşağıda da bahis edildiği üzere ilgili literatürle ilişkilendirilmiştir (Tablo 2).¹ Yaz aylarında, hâlihazırda mevcut yüksek ortam sıcaklığı, rumen fonksiyonunun temel fizyolojisi üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir ve böylece hayvanların beslenme durumunu etkileyebilir.²⁵ Rumen UYA üretimi aşırı sıcaklık koşullarında değişirken, yem sindirilebilirliği artan ortam sıcaklığı ile artar, çünkü yem alımında ve geçiş hızında azalma olur, bu da mikropların ve enzimlerin yemi sindirmesi için daha fazla zaman sağlar.³ Tablo 2'de ısı stresinin rumen fonksiyonu üzerindeki çeşitli etkileri açıklanmaktadır. Bu

TABLO 2: Sıcaklık stresinin keçilerde rumen fonksiyonuna farklı etkilerinin kanıt dayalı literatür eşliğinde sunumu. Tablo mühim derlemeden uyarlanmıştır.¹

Isı stresi türü	Rumen fermantasyon modeline etkisi
Yaz ısı stresi	Rumen fonksiyonunun temel fizyolojisinde değişiklik
Aşırı sıcaklık stresi	UYA üretiminin azalması
Yaz ısı stresi	Rumen pH'sinin düşmesi ve asidoz
Isı stresi	Rumen pH'sinin düşmesi; işkembe fermantasyonunun azalması
Isı stresi	Rumen pH'sinin düşmesi
Yaz ısı stresi	UYA üretiminin azalması; asetat üretiminin azalması
Isı stresi	Asetat ve asetat-propiyonat oranının azalması, bütratin artması
Isı stresi	<i>Streptococcus</i> cinsi bakterilerin artması ve <i>Fibrobacter</i> cinsi bakterilerin azalması
Isı stresi	<i>Streptococcus</i> cinsinin azalması ve <i>Clostridium coccoides-Eubacterium</i> cinsinin artması
Geç yaz	Enterik CH4 emisyonlarının artması
Geç yaz mevsimi	Enterik CH4 emisyonlarının artması
Yaz ısı stresi	CH4 emisyonlarının artması

UYA: Uçucu yağ asidi.

çalışmada, rumen fonksiyonlarına yönelik herhangi bir değerlendirmede bulunulmasa da bir sonraki çalışmada buna yönelik mukayeseli araştırmada bulunulacaktır. Yine de rumen fonksiyonlarının sıcaklık artışı ve metan salınımına

Isıya maruz kalma nedeniyle rumen mikrobiyal ekosisteminde meydana gelen değişiklikler, rumen fermantasyon modelini değiştirerek yemin sindirilebilirliğini ve son ürünlerin bileşimini etkileyebilir.²⁶ Diğer yandan rumende fermantasyonun değişimi gerek ruminal gerekse enterik CH4 salınımını etkileyebilir mi? Aslında bu makalenin yazarı da bu sorunun cevabını bu makalede aradığından tam da bu noktada enterik CH4 salınımına değinilmesi gerekmektedir. Yem alımı ve sindirilebilirliği ortam sıcaklığına göre farklılık gösterdiğinden, çevresel sıcaklık CH4 üretimini belirleyen önemli bir faktördür. Mbanzamihigo ve ark., Kuzey Yarımküre'de yaz başlarına (Haziran-Temmuz) kıyasla yaz sonlarında (Ağustos-Eylül) enterik CH4 emisyonlarında artış olduğunu bildirmiştir.²⁷ Benzer şekilde, nemli tepelik bir ada merasında, çok yıllık çavdar otu/beyaz yonca baskın bir merada ve geç yaz mevsimi merasında otlayan genç kurtlarda yapılan bir başka deneyde CH4

verimleri sırasıyla %4,1, %3,9 ve %5,3 olmuştur. Geç yaz mevsimi meralarında otlayan koyunlarda CH4 veriminin artması, yaz mevsiminde meraların kalitesinin bozulmasına (zayıf kuru madde sindirilebilirliği, düşük protein ve çözünür karbonhidrat içeriği ve artan hücre duvarı içeriği) bağlanmaktadır.²⁸ İlgili çalışma, yüksek ortam sıcaklığının değişen mera özellikleri yoluyla CH4 üretimi üzerindeki dolaylı etkisini ortaya koymuştur. Ayrıca, Ulyatt ve ark., yaz otlaklarının otlatılması sırasında Kikuyu otlaklarına kıyasla CH4 emisyonunda bir artış olduğunu bildirmiştir.²⁹ Bu çalışma, Temmuz sonunda sıcaklık stresinin baskın olduğu koşullarda Çine ilçesi, Aydın ilinde sabah 08.00 ile öğlen 12.00 sularında iki farklı derecede gerçekleştirilerek enterik metan salınımına etkisi araştırılmıştır. Nitekim bu çalışma, Tablo 1'de sunulduğu hâli ile farklı sıcaklıklarda enterik CH4 salınımının değişebileceğini göstermektedir.

Keçilerde enterik CH4 salınımını etkileyen faktörler yine Pragna ve ark. tarafından irdelenmiştir.¹ Mevsim ve artan ortam sıcaklığı gibi hava koşullarıyla ilişkili faktörler; diyet bileşen unsurları, yemlemeden sonraki süre, yem katkı maddeleri gibi yemle ilişkili faktörler, tükürük salınımı, mikrobiyal popülasyon türleri (bu makale yazarına göre mikrobiyomun araştırılması gerekmektedir) ve ırk bazlı değişkenlerin hepsi hayvanlarla ilişkili faktörler olarak sınıflandırılır.³⁰ Yem bileşimi, rumen fermantasyon modelini ve enterik metan emisyonlarını belirleyen birincil faktördür.³¹ Ayrıca, propiyonatin asetata oranı da rumen fermantasyon düzenini etkiler ve diyetlerin konsantre yem içeriğine göre belirlenir.³² Kaba yemle karşılaştırıldığında, konsantre yemler daha az yapısal karbonhidrat içerir, bu nedenle konsantre yem alımı propiyonat üretimini artırabilir ve asetat üretimini azaltabilir, sonuçta CH4 üretimi azalır. Konsantre yem alımındaki artış, propiyonat üretiminin artmasıyla ilişkilidir ve bu da metanojenik bakteriler için mevcut H₂ atomlarının sayısını azaltarak yine metan üretiminin azalmasına neden olabilir. Bununla birlikte, daha yüksek düzeyde konsantre yemleme, hem subklinik hem de klinik subakut asidoza neden olabilir ve bu da hem temel rumen mikroplarının işlevlerinin değişmesi hem de düşük ruminal pH nedeniyle bozulmuş UYA

emilimi yoluyla normal ruminal fermantasyon süreçlerini olumsuz etkileyebilir.³³ Diğer yandan yem boyutunun CH₄ emisyonları üzerinde derin bir etkisi vardır. Hayvanlar enerjilerinin önemli bir kısmını çığneme sürecine ayırmaktadır.³⁴ Yemin mekanik yollarla parçacık boyutunun küçültülmesi, substrata daha fazla mikrobiyal erişim sağlayarak sindirilebilirliği artırmaya yardımcı olur, enerji harcamalarını ve CH₄ üretimini azaltır ve sindirimin geçiş hızını ve hayvan verimliliğini artırır.³⁵ Mukayeseli değerlendirmede bu çalışmada, sindirim faaliyetlerinde herhangi bir bozukluk belirlenemeyen, dışkı skorları normal görünümde, beslenme sorunu bulunmayan keçilerde enterik CH₄ salınımının sabah 08.00 sularında sırası ile 0, 30, 60 ve 90. dk'larda 12,20±0,92, 14,90±3,70, 13,30±3,13 ve 14,20±3,33 olarak belirlendi. Diğer yandan öğlen 12.00 sularında yine 0, 30, 60 ve 90. dk'larda 24,13±4,67, 22,63±3,58, 20,13±2,64 ve 22,25±3,54 seviyelerinde artmış olarak tespit edildi. Elde edilen sonuçlar sıcaklık stresinin enterik CH₄ salınımını artırdığını göstermektedir.

Coğrafi konum ve iklimin CH₄ üretimini önemli ölçüde etkileyen en önemli faktörler arasında olduğu bilinmektedir. Nitekim bu çalışmada elde edilen veriler Ege Bölgesinde ya da farklı illerimizde karşılaştırmalı olarak gerçekleştirilmelidir. Bu çalışma yukarıda da sözü edildiği üzere yem bitkisi ekilişi açısından yüksek orana sahip Çine ilçesinde gerçekleştirilmiştir. İklim değişkenleri arasında sıcaklık, nem, güneş radyasyonu ve rüzgâr hızı CH₄ üretimini etkileyen önemli değişkenlerdir. Sıcaklık stresi yem alımını azaltabilse de artan metan emisyonu yine de normal sindirim süreci için gerekli olan rumen mikrobiyal popülasyonlarını inhibe ederek yem sindirilebilirliği üzerindeki sıcaklık stresisiyle ilişkili olumsuz etkiye bağlanabilir.

GELECEK PERSPEKTİFLERİ

Keçiler, iklime dayanıklılık açısından diğer geniş getiren hayvanlara göre sahip oldukları avantajlar nedeniyle şüphesiz hayvancılık endüstrileri için öncelikli odak noktası olmalıdır. Yaz aylarında artan ortam sıcaklığı, rumenin temel fizyolojisi üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir, böylece rumen fermantasyon modelini, UYA ve diğer rumen

metabolitlerinin üretimini etkileyebilir. Ayrıca, artan kanıtlar, ısı stresinin rumen mikrobiyal popülasyonunu etkilediğini ve keçilerde ruminal sindirim sürecinde değişikliklere neden olduğunu göstermektedir. Buna ek olarak, sıcak stresinin enterik CH₄ emisyonu üretimini artırarak diyetle alınan enerjinin kaybına yol açtığı ve böylece hayvanların üretkenlik performanslarının tehlikeye girdiği de gösterilmiştir. Bununla birlikte, değişen iklim senaryosunda keçilerde metagenomik yaklaşımlar yoluyla rumen mikropları arasındaki ilişkileri kurarak ısı stresine maruz kalma sırasında enterik CH₄ emisyonu ile ilişkili mekanizmaları aydınlatmak için daha fazla araştırma çabasına ihtiyaç vardır. Bu tür çabalar, keçilerde enterik CH₄ emisyonunu azaltmak için daha odaklanmış azaltma stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olabilir. Bu, enterik CH₄ emisyonu sürecinde ortaya çıkan diyet enerji kaybını önleyerek değişen iklim senaryosunda keçi üretiminin sürdürülmesine yardımcı olabilir.

SONUÇ

Küresel ısınma ve sera etkisindeki önemli rolünün yanı sıra enterik CH₄ aynı zamanda ruminantlarda yaklaşık %2-12'lik bir diyet enerji kaybı olarak kabul edilmektedir. Sonuç olarak, küresel bilim camiası hem küresel ısınmayı hem de besinsel enerji kaybını azaltmak için uygun CH₄ azaltma stratejilerinin geliştirilmesini hedeflemektedir. Enterik CH₄'ü azaltmak için uygulanabilecek çeşitli stratejilerden evvel yurdumuz genelinde özellikle keçilerde bu çalışmaya benzer şekilde farklı coğrafik lokalizasyonlarda enterik/ruminal CH₄ salınımının tespiti önem arz etmektedir.

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite

üyesi veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Bu çalışma tamamen yazarın kendi eseri olup başka hiçbir yazar katkısı alınmamıştır.

KAYNAKLAR

1. Pragna P, Chauhan SS, Sejian V, Leury BJ, Dunshea FR. Climate change and goat production: enteric methane emission and its mitigation. *Animals* (Basel). 2018;8(12):235. PMID: 30544616; PMCID: PMC6316019.
2. Pragna P, Sejian V, Soren NM, Bagath M, Krishnan G, Beena V, et al. Summer season induced rhythmic alterations in metabolic activities to adapt to heat stress in three indigenous (Osmanabadi, Malabari and Salem Black) goat breeds. *Biol Rhythm Res.* 2018;49(4):551-65. <https://doi.org/10.1080/09291016.2017.1386891>
3. Hirayama T, Katoh K, Obara Y. Effects of heat exposure on nutrient digestibility, rumen contraction and hormone secretion in goats. *Anim Sci J.* 2004;75(3):237-43. <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2004.00182.x>
4. Pinares-Patiño CS, Baumont R, Martin C. Methane emissions by Charolais cows grazing a monospecific pasture of timothy at four stages of maturity. *Can J Anim Sci.* 2003;83(4):769-77. <https://doi.org/10.4141/A03-034>
5. Yadav B, Singh G, Verma AK, Dutta N, Sejian V. Impact of heat stress on rumen functions. *Vet World.* 2013;6(12):992-6. https://www.researchgate.net/publication/259389256_Impact_of_heat_stress_on_rumen_functions
6. Bernabucci U, Lacetera N, Baumgard LH, Rhoads RP, Ronchi B, Nardone A. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal.* 2010;4(7):1167-83. PMID: 22444615.
7. Freestone P, Lyte M. Stress and microbial endocrinology: prospects for ruminant nutrition. *Animal.* 2010;4(7):1248-57. PMID: 22444620.
8. López MC, Ródenas L, Piquer O, Martínez E, Cerisuelo A, Cervera C, et al. Determination of the proportion of the ingested gross energy lost as exhaled methane by dairy goats consuming contrasting concentrate ingredients in mixed rations. *Can J Anim Sci.* 2010;90(4):585-90. doi:10.4141/cjas10057
9. Aguilera JF, Prieto C. Methane production in goats given diets based on lucerne hay and barley. *Arch Tierernähr.* 1991;41(1):77-84. PMID: 2048970.
10. Kataria RP. Use of feed additives for reducing greenhouse gas emissions from dairy farms. *Microbiol Res.* 2015;6(1):6120. <https://doi.org/10.4081/mr.2015.6120>
11. Feleke FB, Berhe M, Gebru G, Hoag D. Determinants of adaptation choices to climate change by sheep and goat farmers in Northern Ethiopia: the case of Southern and Central Tigray, Ethiopia. *SpringerPlus.* 2016;5:1-15. doi 10.1186/s40064-016-3042-3
12. Bezabih MY, Berhane G. Livestock production systems analysis. *Am Int J Contemp Sci Res.* 2014;1(2):16-51. https://www.researchgate.net/publication/344188937_Livestock_Production_Systems_Analysis_Review
13. Thornton PK. Livestock production: recent trends, future prospects. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2010;365(1554):2853-67. PMID: 20713389; PMCID: PMC2935116.
14. Brahmī A, Khaldi R, Jaouad M, Hicheri A, Touati I, Rkhissi A, et al. Impacts of climate change on the small ruminants farming systems in north western Tunisia and adaptation tools. In: Acar Z, López-Francos A, Porqueddu C, eds. *New Approaches for Grassland Research in a Context of Climate and Socio-Economic Changes.* Zaragoza, Spain: CIHEAM; 2012. p.427-31. (Baskı sayısı eklenmelidir.)
15. Koluman N, Silanikove N, Koluman A. Climate change and goat agriculture interactions in the mediterranean region. In: Simões J, Gutiérrez C, eds. *Sustainable Goat Production in Adverse Environments.* 1st ed. Cham, Switzerland: Springer; 2017. p.393-405.
16. Sejian V, Bhatta R, Gaughan JB, Dunshea FR, Lacetera N. Review: adaptation of animals to heat stress. *Animal.* 2018;12(s2):s431-s44. PMID: 30139399.
17. Bernabucci U, Lacetera N, Danielli PP, Bani P, Nardone A, Ronchi B. Influence of different periods of exposure to hot environment on rumen function and diet digestibility in sheep. *Int J Biometeorol.* 2009;53(5):387-95. PMID: 19370363.
18. Pollott G, Wilson RT. *Sheep and Goats for Diverse Products and Profits.* FAO Diversification Booklet No. 9. Rome, Italy: FAO Library; 2009. <https://www.fao.org/4/i0524e/i0524e.pdf>
19. Oluwatayo IB, Oluwatayo TB. Small ruminants as a source of financial security: a case study of women in rural southwest Nigeria. Working Paper 1. Irvine, CA, USA: Institute for Money, Technology and Financial Inclusion (IMTFI); 2012. https://www.imtfi.uci.edu/files/blog_working_papers/2012_2_oluwatayo.pdf
20. Aziz MA. Present status of the world goat populations and their productivity. *World.* 2010;861:1. <https://www.semanticscholar.org/paper/Present-status-of-the-world-goat-populations-and-Aziz/ed5e61da22ac31762a2707ec913f6b3b9dc3419e>
21. Lérias JR, Hernández-Castellano LE, Suárez-Trujillo A, Castro N, Pourlis A, Almeida AM. The mammary gland in small ruminants: major morphological and functional events underlying milk production--a review. *J Dairy Res.* 2014;81(3):304-18. PMID: 24901899.
22. Kumar S, Roy MM. Small ruminant's role in sustaining rural livelihoods in arid and semiarid regions and their potential for commercialization. *New Paradigms in Livestock Production from Traditional to Commercial Farming and Beyond.* Udaipur, India: Agrotech Publishing Academy; 2013. p.57-80. (Baskı sayısı eklenmelidir.)
23. Agossou DJ, Dougba TD, Koluman N. Recent developments in goat farming and perspectives for a sustainable production in Western Africa. *Int J Environ Agric Biotechnol.* 2017;2(4):2047-51. doi:10.22161/ijeab/2.4.62
24. Sevim S. Aydın ili büyükbaş ve küçükbaş hayvancılığının mevcut durumu [Current situation of cattle and small ruminant breeding in Aydın province]. *Hayvan Bilimi ve Ürünleri Dergisi.* 2022;5(1):48-61. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2382808>
25. Baumgard LH, Rhoads RP. Ruminant Nutrition Symposium: ruminant production and metabolic responses to heat stress. *J Anim Sci.* 2012;90(6):1855-65. PMID: 22205665.
26. Uyeno Y, Sekiguchi Y, Tajima K, Takenaka A, Kurihara M, Kamagata Y. An rRNA-based analysis for evaluating the effect of heat stress on the rumen microbial composition of Holstein heifers. *Anaerobe.* 2010;16(1):27-33. PMID: 19446029.
27. Mbanzamiho L, Fievez V, da Costa Gomez C, Piattoni F, Carlier L, Demeyer D. Methane emissions from the rumen of sheep fed a mixed grass-clover pasture at two fertilisation rates in early and late season. *Can J Anim Sci.* 2002;82(1):69-77. <https://doi.org/10.4141/A01-042>
28. Ulyatt MJ, Lassey KR, Shelton ID, Walker CF. Methane emission from sheep grazing four pastures in late summer in New Zealand. *New Zeal J Agr Res.* 2005;48:385-90. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00288233.2005.9513671>

-
29. Ulyatt MJ, Lassey KR, Shelton ID, Walker CF. Methane emission from dairy cows and wether sheep fed subtropical grass-dominant pastures in mid-summer in New Zealand. *New Zeal J Agr Res.* 2002;45(4):227-34. doi:10.1080/00288233.2002.9513513
 30. Aluwong T, Wuyep PA, Allam L. Livestock-environment interactions: methane emissions from ruminants. *Afr J Biotechnol.* 2011;10(8):1265-9. <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/92927>
 31. Brouček J. Methane yield from cattle, sheep, and goats housing with emphasis on emission factors: a review. *Slovak J Anim Sci.* 2015;48(3):122-39. https://www.researchgate.net/publication/299513699_METHANE_YIELD_FROM_CATTLE_SHEEP_AND_GOATS_HOUSING_WITH_EMPHASIS_ON_EMISSION_FACTORS_A_REVIEW
 32. Bhatta R, Malik PK, Sejian V. Enteric methane emission and reduction strategies in sheep. In: Sejian V, Bhatta R, Gaughan J, Malik PK, Naqvi SMK, Lal R, eds. *Sheep Production Adapting to Climate Change.* 1st ed. Singapore: Springer; 2017. p.291-305.
 33. Castillo-González AR, Burrola-Barraza ME, Domínguez-Viveros J, Chávez-Martínez A. Rumen microorganisms and fermentation. *Arch Med Vet.* 2014;46(3):349-61. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2014000300003>.
 34. Gerber PJ, Hristov AN, Henderson B, Makkar H, Oh J, Lee C, et al. Technical options for the mitigation of direct methane and nitrous oxide emissions from livestock: a review. *Animal.* 2013;7 Suppl 2:220-34. PMID: 23739465.
 35. Hristov AN, Oh J, Firkins JL, Dijkstra J, Kebreab E, Waghorn G, et al. Special topics--Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. *J Anim Sci.* 2013;91(11):5045-69. PMID: 24045497.

ARTICLE IN PRESS