

Süt İneklerinin Besleme Yönetiminin Sensörlerle İzlemesi

Atalay ERGÜL^{1*}, Şerife ERGÜL², Uğur SERBESTER³

^{1,2} Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Adana, Türkiye

³ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Adana, Türkiye

Sorumlu Yazar: atalayergul01@gmail.com; atalay.ergul@tarimorman.gov.tr

¹<https://orcid.org/0000-0003-3016-7736>

²<https://orcid.org/0000-0002-6516-8942>

³<https://orcid.org/0000-0003-4460-3797>

Geliş Tarihi: 13.01.2021, Kabul Tarihi: 00.12.2021

To Cite: Ergül, A., Ergül, Ş., Serbest U. (2021). Süt İneklerinin Besleme Yönetiminin Sensörlerle İzlemesi. International Journal of Eastern Mediterranean Agricultural Research, 4(1):40-59.

Özet

Hayvan davranışlarını canlı gözlemlerle izlemek, yoğun emek ve zaman isteyen zor bir görevdir. İlgilenilen konularda davranışsal verilerin uzaktan toplanması için teknolojinin kullanılması ise olası bir çözümdür. Besleme yönetimi ve sürü sağlığı için geliştirilen sistemler iş yükünün azaltılmasında ve zamandan tasarruf sağlama yanında, sürüde oluşabilecek problemlere karşı tahminleme yeteneğinin artırılıp ortaya çıkabilecek olası bir sorun için önlem alınmasında ve sorunun çözümünde ise karar vermede önemli derecede yardımcı olacaktır. Özellikle son zamanlarda süt sığırlarında beslemeyi izleme yönetimleri çoğunlukla ruminasyon takibi üzerinde yoğunlaşmıştır. Ruminasyon; akut stres, fizyolojik döneme göre metabolik problemler, rasyon kompozisyonu, yem kalitesi ve yönetim hataları da dahil olmak üzere birçok durum hakkında fikir verebilmektedir. Bu derlemede teknolojinin gelişmesiyle paralel olarak hayvancılıkta kullanılmaya başlayan sensörlerin hangi amaçla ve nasıl kullanıldığı süt sığırlarının besleme yönetimi açısından değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ruminasyon, süt sığırları, besleme, sensör, hastalık

Monitoring of Feeding Management of Dairy Cows with Sensors

Abstract

Watching animal behavior through live observations is a difficult task that requires labor and time. Using technology to remotely collect behavioral data on issues of interest is a possible solution. Sensors developed for feeding management and herd health will be an important aid in reducing workload and saving time, as well as increasing the ability to predict the problems that may occur in the herd and taking measures for a possible problem that may arise, and in terms of decision-making in solving the problem. In dairy cattle, especially recently, management of monitoring feeding has been focused on rumination monitoring. Rumination; It can provide insight into many conditions, including acute stress, metabolic problems relative to physiological period, ration composition, feed quality, and management errors. In this review, the purpose and how the sensors used in animal husbandry are used in parallel with the development of technology are evaluated in terms of feeding management of dairy cattle.

Keywords: Rumination, dairy cattle, feed, sensor, disease

1.Giriş

Hayvan davranışlarını canlı gözlemlerle izlemek, yoğun emek ve zaman isteyen zor bir görevdir. İlgilenilen konularda davranışsal verilerin uzaktan toplanması için teknolojinin kullanılması olası bir çözümdür. Teknoloji, davranışsal veri toplamak için kullanıldığında, kamera doğrudan hayvana bağlanır; konuyla ilgili verileri anlık olarak kaydeder ve gerekli bilgilerin oluşturulması için verileri aktarır. Bu tür cihazlar, uzun süreli olarak (24 saat ve daha uzun sürede) veri toplayabilirler. Bu teknolojinin bir başka avantajı da, hayvanın davranışlarını etkileyen gözlemcinin veya davranışın değerlendirilmesi ile ilgili gözlemci yanılığının olmamasıdır. Sığırlar, atlar ve kümes hayvanları gibi farklı canlı hayvan türlerinin davranışlarını, sağlıklarını ve yerlerini belirlemek ve izlemek için çeşitli tiplerde kablosuz algılayıcılar ve radyo frekansı tanımlama etiketleri kullanılmaktadır (Elischer ve ark., 2013).

Süt sığırlarında beslemeyi izleme yönetimleri, ruminasyon takibi üzerinde yoğunlaşmıştır. Ruminasyon, mide içeriğinin tekrar ağıza gelmesi, yeniden çiğneme ve yeniden yutma ile tanımlanan periyodik bir süreçtir. Bu süreç, akut stres, hastalık,

rasyon kompozisyonu, yem kalitesi ve yönetim hataları da dahil olmak üzere birçok faktörden etkilenmektedir (Soriani ve ark., 2012; Calamari ve ark., 2013;). Yapılan birçok çalışma, çiğneme mekaniğinin, inek için çiğnemenin fizyolojik rolünün ve çiğneme davranışının, rasyonun kimyasal bileşiminde ve fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişikliklerden nasıl etkilendiği üzerinde yoğunlaşmıştır (Beauchemin, 2017). Süt sığırlarında beslenme davranışlarını algılamak ve ruminasyon süresini (RS) ölçmek için ruminasyon esnasında sesli sinyallerin kullanıldığı (Hr-Tag ruminasyon izleme sistemi, SCR Engineers Ltd., Netanya, İsrail) yeni yöntemler geliştirilmiştir (Soriani ve ark., 2012; Calamari ve ark., 2013;).

2. Yem Yeme Davranışı

Son zamanlarda modern süt sığırcılığında, sürü yönetimi için besleme ve davranış takibini kayıt altına alan teknolojilerin etkin bir şekilde kullanılmasıyla önemli bilgiler elde edilmiştir. Süt sığırlarında yapılan bir çalışmada, günde ortalama 7,7 öğün tükettikleri ve her öğüne en az 29 dakika ayırdıkları bildirilmiştir (De Mol ve ark., 2016). Süt sığırlarının yem yemeye harcadıkları zaman oldukça değişkendir. White ve ark. (2017) tarafından 141 ile 507 dk / gün arasında değişen, ortalama 284 dk / gün (n = 182) yem yeme süresinin olduğunu rapor edilmiştir.

En belirgin beslenme aktivitesi, yemler verildikten hemen sonra (King ve ark., 2016) veya gün boyu yemlerin hayvanların önüne itilmesinden sonra oluşur. Bu nedenle, TMR (tam karma yem)'nin sık sık verilmesi, KMT (kuru madde tüketimi)'ni artırmamasına rağmen besleme süresinin daha etkin bir şekilde kullanılmasına katkı sağlamaktadır (Miller-Cushon ve Devries, 2017). Kuru madde tüketimi, yemlikteki hayvanlar arasındaki rekabetten dolayı sınırlı bir süre azalabilmektedir (Munksgaard ve ark., 2005). Ayrıca, yemlere sınırlı erişim nedeniyle, inekler daha az yeme eğiliminde olurlar, herhangi bir kısıtlama olmadığı durumlarda ise öğünler daha uzun sürmektedir. Beslenmeye harcanan toplam zaman, ineklerin yeme serbest erişime sahip olup olmadığına bağlıdır. Diğer yandan rasyon bileşimi az da olsa yeme davranışını etkilemektedir. İnekler, yem yeme davranışlarını rekabetten dolayı ihtiyacı olan kuru maddeyi tüketebilmek adına değiştirirler ve daha hızlı yem tüketme eğiliminde olurlar (Crossley ve ark., 2017). Hayvanın yaşı da beslenmeyi etkilemektedir. Yaşlı hayvanlar genç hayvanlara nazaran daha fazla yem tüketmektedirler (Devries ve ark., 2004). Yem yeme süresi ile yem tüketimi arasında

bir korelasyon (0,53) vardır. NDF (nötr deterjanda çözünen selüloz) içeriği ve partikül büyüklüğü gibi rasyon bileşenlerinin etkileri yem yeme zamanı ile daha fazla ilişkilidir. Bu nedenle, çiftlikte yemleme süresinin izlenmesi, hayvanların bireysel yem tüketimlerinin tahmin edilmesinde yararlı olmaktadır (De Mol ve ark. 2016).

Yoğun yemler, tek başına verildiğinde hızla tüketilirken, kaba yemler küçük miktarlarda ve sık öğünlerde yavaş olarak tüketilir. Silaj, daha küçük partikül büyüklüğü ve daha fazla nem içeriğinden dolayı, uzun lifli kuru otlara göre daha hızlı tüketilir (Beauchemin ve ark., 2008).

3. Geviş Getirme Davranışı

Ruminasyonun (geviş getirme) büyük bir kısmı, ineklerin dinlenmeye başladığı gece meydana gelir, ancak sığırlar, serbest halde (sağım gibi yönetsel müdahale olmaksızın) buldukları gün boyunca da geviş getirirler. Ruminasyon süresinin beslenmeden yaklaşık 4 saat sonra pike ulaştığı ve ruminasyon zamanının dinlenme süreleriyle ilişkili olduğu bildirilmiştir (Schirmann ve ark., 2013). Bazı çalışmalar multipar ineklerin, primipar ineklere kıyasla kuru madde tüketiminden dolayı ruminasyon sürelerinin daha fazla olduğunu bildirmektedir (Beauchemin, 2017). White ve ark. (2017), süt sığırları için ortalama ruminasyon süresinin, 236-610 dk / gün arasında olduğunu bildirmişlerdir. Yujuan ve ark. (2017) yaptıkları bir çalışmada, süt ineklerinin geviş getirme davranışını belirlemek için video tabanlı bir akıllı izleme yöntemi kullanmışlar ve başarı oranını 92.03 % olarak bulmuşlardır.

Lopreiato ve ark. (2018), Hr-Tag ruminasyon izleme sisteminin, ruminasyondaki varyasyonu açıklayabilme potansiyelini değerlendirmek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Sütten kesilmiş 9 İtalyan Simmental buzağılarda aktivite davranışı için 2-35 gün arasında ruminasyon süresi (RS) sürekli olarak kaydedilmiş ve veriler 2 saatlik aralıklarla alınmıştır. Bu çalışmanın sonunda, buzağılardan sütten kesimde ruminasyon davranışını incelemek için Hr-Tag sisteminin kullanımının uygun olabileceğini saptamışlardır.

Stone ve ark. (2017), ruminasyon süresi ile süt verimi arasında zayıf bir ilişki olduğunu bildirirken, Kaufman ve ark. (2018), erken laktasyondaki ineklerin günlük süt verimlerinin ruminasyon süresi ile orta derecede ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Ruminasyon süresi ve süt verimi arasındaki pozitif ilişki, kuru madde tüketimi ile dolaylı olarak ilişkili olabilir. Bununla birlikte, kuru madde tüketimi ve ruminasyon

arasındaki ilişkide rasyon kompozisyonu kadar etkili değildir. Bu nedenle ruminasyon süresinin ana etkenleri rasyonun kimyasal ve fiziksel özellikleridir.

Ruminasyon süresi; NDF tüketiminden, rasyonun partikül büyüklüğünden, çiğneme faaliyetinden ve selülozun sindirilebilirliğinden etkilenmektedir (Nørgaard ve ark., 2011). Ruminasyon süresi, NDF içeriğinden ziyade NDF tüketimi ile daha fazla ilişkilidir (Beauchemin ve ark., 2008). TMR'nin partikül büyüklüğü arttıkça, ruminasyon süresi de artmaktadır. Ancak belirli bir partikül büyüklüğünden sonra ruminasyon süresinde daha fazla artış olmamaktadır (Nasrollahi ve ark., 2016). Yemlerin öğütülmesi ve doğranması genellikle ruminasyon süresini azaltmaktadır (Nørgaard ve ark., 2011).

4. Çiğneme Zamanının Tahmin Edilmesi

İneklerin çiğneme ya da ruminasyona harcadığı zamanın tahmin edilmesi, inek sağlığının takip edilebilmesi açısından önemli bir yönetim aracı olabilir, ancak etkileşimli birçok faktör nedeniyle doğruluk derecesi düşük olabilir. Rasyonlar için çiğneme süresindeki değişkenlik, rasyon bileşimi dahil olmak üzere diğer faktörlerin, daha önce tartışıldığı gibi yemlerin çiğneme zamanını etkilediğinin açık bir göstergesidir. Yapılan araştırmalar ırklar arasında çiğneme davranışlarının farklı olduğunu göstermiştir. Holstein ve Jersey ineklerinin çiğneme davranışlarında Holsteinler'in, Jersey'lerden günlük kuru madde tüketimlerinin (kg / gün) daha fazla olmasından dolayı önemli farklılıklar olduğunu, böylece, Jersey'lerin küçük ağızlarından kaynaklı tüketilen yemlerin her bir birimine daha fazla zaman harcadıkları bildirilmiştir (Aikman ve ark., 2008). Watanabe ve ark. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, otlatma sistemlerinin yönetimi için hem ahırda yetiştirilen sığırlarda hem de meradaki sığırlarda bir mikro elektromekanik sistem ivmeölçeri kullanılarak sığırların yeme, ruminasyon ve dinlenme aktivitelerini 1 saat aralıklarla ölçmüşler ve hayvanların davranışlarını görüntülemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, mikro elektromekanik sistem ivmeölçerin sığırların beslenme, ruminasyon ve dinlenme aktivitelerinin istatistiksel olarak sınıflandırılmasında etkili olduğunu bildirmişlerdir.

5. Çiğnemenin Ana Fonksiyonları

Süt ineklerinde çiğnemeyi teşvik etmek tükürük salgısını artırmakta ve subakut ruminal asidoz riskini azaltmaya yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte, çiğneme zamanının artmasının tükürük salgılanması üzerindeki etkisini ölçen çalışmalar, günlük tükürük üretimindeki artışın oldukça az olduğunu göstermektedir. TMR ile beslenen süt inekleri ile yapılan çalışmalarda ortalama 133 mL / dk tükürük üretimi ve yemlenme esnasındaki tükürük üretiminin dinlenme esnasındakinden yaklaşık olarak 1,6 kat daha fazla (ortalama: 206 mL / dk) olduğu belirlenmiştir. Kuru otlar, daha fazla NDF içeriğinden dolayı daha yavaş tüketilir, kuru madde bazında silajla karşılaştırıldığında iki kat daha fazla tükürük üretirler (Beauchemin ve ark., 2008). Tükürük, bikarbonat (125 mEq / L) ve fosfat (26 mEq / L; Bailey ve Balch, 1961) içerir ve bu nedenle rumen pH'sının tamponlanmasında önemli bir rol oynar. 250 L / gün tükürük üreten bir inek için, tükürüğün toplam tamponlama kapasitesi 37.750 mEq / gün olarak hesaplanmıştır (250 L x 151 mEq / L; Allen, 1997). Dijkstra ve ark. (2012), yüksek oranda kaba yem içeren bir rasyonla beslenen süt sığırları için, tükürüğün bikarbonat akışının yaklaşık olarak yarısının rumen içerisinde olduğu, bunun ise yüksek konsantreli bir rasyon için yaklaşık olarak 35% olduğu tahmin edilmiştir.

Ruminasyonun tahmini genellikle doğrudan görsel gözlemlere dayanmaktadır. Son zamanlarda, sığırlarda ruminasyonun otomatik olarak izlenmesini sağlayan bir elektronik sistem geliştirilmiştir. Schirmann ve ark. (2009), Hi-Tag sisteminden (Hi-Tag, SCR Engineers Ltd., Netanya, İsrail) tarafından üretilen verilerin doğruluğunu, gözlemlenilen verilerle karşılaştırmak amacıyla çalışma yapmışlardır. Süt sığırlarında ruminasyon, tükürük üretimi ve rumen sağlığı ile ilişkilendirilmiştir. Hi-Tag elektronik sisteminden alınan ölçümler, 27 Holstein ineğinden gelen 50 saatlik gözlem periyotları için bir insan gözlemcisinden alınan değerlerle karşılaştırılarak doğrulanmıştır. Elektronik sistemden yapılan ruminasyon süreleri (35.1 ± 3.2 dk) doğrudan gözlemlerle ($r = 0.93$, $R^2 = 0.87$, $n = 51$) elde edilen ruminasyon süreleri ile yüksek korelasyon göstermiştir, bu da elektronik sistemin süt ineklerinde bu davranışı izlemek için doğru bir araç olduğunu göstermiştir.

Bir süt ineği her gün beslenme sırasında rasyon özelliklerine bağlı olarak yaklaşık 12.000 ile 30.000 kez ve ruminasyon sırasında 20.000 ile 40.000 kez çiğneme hareketi yapar (Dado ve Allen, 1994). Yemleme ve ruminasyon sırasında çiğneme, yemin partikül büyüklüğünü azaltır ve sindirilmeyen parçacıkların rumen

mikroorganizmaları tarafından rumenden geçebilecek şekilde sindirilmesine izin verir. Yem yeme zamanı kısıtlandığında, yutulan yemlerin daha uzun partikül büyüklüğü ruminasyon ihtiyacını artırır. Yem yeme sırasında bitki parçacıklarına neden olan hasar, kompleks yapısal bileşikleri hidrolize etme sürecini başlatan primer bakteriyel kolonizerlerin yapışmasını sağlayan alanlar oluşturur. Sekonder kolonizörler, kendilerini birincil kolonizör tarafından dışarı verilen 2 ila 4 saat içinde ekstraselüler polimerik maddelere yerleştirirler (Huws ve ark., 2013). Biyofilm diğer bakteriler eklendikçe gelişmeye devam eder (Bakteriler gibi küçük mikroorganizmaların sıvı bir yüzeye yapışarak oluşturdukları ince film tabakası), mantarlar parçalanmış yem parçacıklarına nüfuz eder ve birlikte kompleks ve basit karbonhidratları aşamalı olarak parçalar. Materyal ruminasyona geçtiğinde, mikrobiyal birleşme için yeni alanlar oluşturulmakta ve içerik üzerindeki mevcut biyofilmler parçalanmakta ve bu da dökülmelere ve yeni yüzeylerin yeniden kolonize olmasına neden olmaktadır. Ruminasyon sırasında çiğneme, birikmiş CO₂'i ve uçucu yağ asitlerini ortadan kaldırır ve tükürük ekleyerek, besin parçacık yüzeyindeki mikroçevrenin bakteri üremesine daha elverişli olması için ortam sağlar. Mikrobiyal bozulma ilerledikçe partiküller zayıflar ve partiküller ruminasyona uğrarken partikül büyüklüğü azalır ve fonksiyonel özgül ağırlık artar (Mason ve Stuckey, 2016).

Rumen matı (sindirilen materyallerin ince bir katmanıdır; küçük parçalara ayrılmış, uzun lifli maddeler içerir) oluşumu, NDF ve uzun partiküllerin tüketimine büyük ölçüde bağlıdır, bu da fiziksel olarak etkili lif ve ruminantların çiğneme zamanını belirleyen iki temel faktördür (Zebeli ve ark., 2012). Reticulorumen'in kasılmalarının sayısı ile gücü; yem yeme ve ruminasyon aktiviteleri sırasında önemli derecede artar (Egert ve ark. 2014; Nogami ve ark., 2017). Böylelikle çiğneme, reticulorumen'in kardiyak bölgesinden yutulan içeriği hareket ettirmeye yardımcı olan güçlü ve düzenli karıştırma kasılmalarını teşvik eder. Kasılmalar rumen içeriğinin sürekli hareketine neden olur, emilim için epitelyum yakınındaki sindirim son ürünlerinin konumlandırılmasına yardımcı olur ve aynı şekilde bikarbonatın epitelyum salgılarını rumen içeriğine taşır. Retikülorumun kasılmaları da rumen gelen gazın uzaklaştırılması ve sindirilmemiş yem kalıntılarının omasuma itilmesi için gereklidir.

Kononoff ve ark. (2002), gözlemsel ve elektronik çiğneme ölçüm teknikleri arasındaki farkları karşılaştırmak ve otomatik sistemin, sığırlarda yem yeme ve

ruminasyon davranışlarını tespit etmede ve ölçmede etkinliğini ölçmek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Sekiz baş laktasyondaki süt ineğinin yem yeme ve ruminasyon davranışları, bir kablosuz otomatik sistem ile eşzamanlı olarak ve 24 saatlik periyotlarla 5 dakika aralıkla gözlem ile kaydedilmiştir. Elde edilen sonuçlar, her iki yöntemin de yem yeme ve ruminasyon nöbetlerinin belirlenmesi üzerinde aynı etkinliğe sahip olduğunu göstermiştir.

Mevcut yemleme sistemleri laktasyonun pik dönemindeki süt ineklerinin enerji gereksinimlerini karşılamayı ve besi sığırlarının büyüme oranlarının hem ruminal pH hem de mikrobiyal sağlık için etkilerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Subakut ruminal asidozun (SARA), rumen pH'ının 5.5' un altına düştüğü ve süt ineklerini ve besi sığırlarını etkileyen önemli bir beslenme problemi olarak görüldüğü uzun süreden beri bilinmektedir. Rumen sıvısının pH'sını ölçmek için çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Sığır rumen pH'sının ölçümü ilk olarak in vivo yapılmıştır. Daha sonra, ruminal sonda ve rumen kanülleri ile rumen sıvısı numuneleri alınmıştır, ancak rumen pH'sını doğru olarak belirlemede tatmin edici olmamıştır. İlk olarak alıcılarla koyunlarda ve sığırlarda sürekli olarak ölçmek için bir tel ile rumen dışında bulunan bir alıcıya bağlanan kanüllü hayvanlara yerleştirilen cam elektrotlar kullanılmıştır. Daha sonraki araştırmacılar yavaş yavaş pH'nın uzaktan ölçümlerinin doğruluğunu geliştirmişlerdir. Dış kablo kullanılmadan rumen pH'sını sürekli olarak ölçen bağımsız sistemler yakın zamanda araştırmacılar tarafından otlamada ve büyük sürülerde de kullanım imkanı sağlamıştır. Lethbridge Araştırma Merkezi pH ölçüm sistemi, öncekilerden çok daha temiz ve daha kompakt bir yerleşik elektrot ve veri kaydedici sistemidir ancak yine de veri transferi ve yeniden kalibrasyon için günlük olarak çıkarılmasını gerektirmektedir. Son zamanlarda, sürekli olarak pH ölçebilen, verileri depolayan ve dahili bir radyo-vericiden uzaktan bir alıcı istasyona telemetrik olarak ileten bir prototip intraruminal bolus (Well Cow pH bolus) geliştirilmiştir (Phillips ve ark., 2010). Phillips ve ark. (2010), subakut ruminal asidoz gibi durumları düzgün bir şekilde izlemek için "Well Cow pH bolus (WCpH)" cihazını kullanmışlardır. Sürekli olarak pH'yı ölçerek kaydeden aprototip telemetrik intraruminal içeriğin performansının belirlenebilmesinde kullanılması amaçlanmıştır. Retikuluma oral olarak iletilebilmekte, dış ekleri bulunmamakta ve hayvanın kısıtlamasız aktivitesine izin verilmektedir. Rumen içeriğini, doğrudan rumenden elde edilen numunelerle karşılaştırmak amacıyla bir laboratuvar aleti hayvanlara

yerleştirilmiştir. Well Cow pH bolus cihazının geliştirilmesi, araştırmacıların, süt sığırları ve kasaplık sığır işletmecilerinin, yem örnekleri analizine ihtiyaçları kalmadan, uzun süre ruminasyonun ve rumen fonksiyonunun izlenmesine olanak sağladığını bildirmişlerdir.

6. İnek Sağlığının Değerlendirilmesi İçin Çiftlikte Ruminasyonun İzlenmesi

6.1. Çiğneme Zamanının Ölçülmesi

Sığırların yem yeme ve ruminasyon davranışları geleneksel olarak küçük ölçekli araştırma çalışmalarında görsel gözlem, ineklerin video kaydı veya çene hareketlerinin kaydedilmesi ile izlenmiştir. Ancak, bu yöntemler serbest barınan sığırlar ve ticari mandıra çiftlikleri için pratik değildir. Görsel gözlem, hem yoğun emek hem de zaman alıcıdır ve eğitimli personelin, önceden belirlenmiş bir aralıkta bireysel ineklerin aktivitesini gözlemlemesini gerektirir (örneğin, 1-2 ay için her 5 dakikada bir; (Alamouti ve ark., 2014). Bir başka yaklaşım, hayvanların bireysel bölmelerde aktivitesini, her bir aktiviteyi gerçekleştiren toplam hayvan sayısını kaydederek izlemek olmuştur (Beauchemin., 2017). Video kayıtları da zaman alıcı ve takip edilmesi zor olduğundan tahminleme yapmak zorlaşabilmektedir (Hämäläinen ve ark., 2016). Dong ve ark. (2018), yem yeme süresi için minimum 2 gün 4 dakikalık aralıklarla ve ruminasyon süresi için minimum 3 gün 4 dakikalık aralıklarla gözlem sıklığını önermişlerdir. Hämäläinen ve ark. (2016), yeme aktivitesi için 4 dakikalık bir örnekleme aralığını ve ruminasyon için 15 dakikalık bir örnekleme aralığını önermiştir. Sığırların çene hareketleri, manuel kaydedilen çıktılar veya yem yemenin ve ruminasyon aktivitesinin belirlenmesi ve sinyali yorumlamak için bilgisayar yazılımı ile çeşitli sensörler kullanılarak doğru bir şekilde ölçülebilir (Watt ve ark., 2015).

Son yıllarda, süt ineklerinin çiğneme faaliyetlerini ticari tesislerde kaydetmek için kullanılacak çeşitli sensörler geliştirilmiştir. Bazı sistemler bir kulak etiketi veya boyun tasması ile hareketi tespit eder. Bu sistemler operatöre hızlı bir değerlendirme sağlar ve hayvanın doğal davranışını etkilemez. Bu sistemlerin bazılarının kesinliği ve doğruluğu çeşitli çalışmalarda değerlendirilmiştir. İvme sensörleri kullanarak Borchers ve ark. (2016) CowManager sensör aracılığıyla yeme süreleri ile görsel davranışlar arasında korelasyon olduğunu, ancak ruminasyon zamanlarının görsel gözlemlerle orta derecede ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Aynı

çalışmada, Smartbow sensör aracılığıyla ruminasyon süreleri, görsel sonuçlara göre iyi sonuçlar vermiştir. Bikker ve ark. (2014) tarafından, CowManager sensör ile görsel gözlem karşılaştırıldığında, yem yeme zamanı ile daha az olsa da ruminasyon arasında çok daha yüksek bir uyum bildirilmiştir. Schirmann ve ark. (2009), Hi-Tag akustik sisteminden ruminasyon sürelerinin doğrudan gözlemlle ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Ambriz-Vilchis ve ark. (2015), laktasyondaki süt inekleri için video kayıtlarına karşı akustik sistemi değerlendirmiş ve 2 yöntemin yüksek korelasyonlu olduğu sonucuna varmışlardır, ancak bireysel olarak inekler arasında önemli farklılıklar olduğunu, boyuna monteli akustik sensörler ile, boyun kasına veya kalın deriye bağlı olarak sensör yerleştirildiğinde arka plandaki seslerin karışmasına neden olacağını ve bunların kullanımını sınırlandırabileceğini savunmuşlardır (Goldhawk ve ark., 2013).

6.2. Ruminal Asidoz Riskinin Değerlendirilmesi

Rumen asidozu olan inekler sağlıklı ineklerden daha az geviş getirirler. Devries ve ark. (2009), süt ineklerinde, asidozlu ineklerle sağlıklı inekler karşılaştırıldığında her iki grup ineğin aynı miktarda kuru madde tüketmelerine rağmen asidozlu grubun günlük 1.5 saat daha az ruminasyon yaptığını bildirmişlerdir. Asidozlu ineklerin sağlıklı ineklerden daha az geviş getirmesi nedeniyle, yönetim olayları (beslenme, sağım) arasında herhangi bir zamanda sürünün içinde ruminasyon yapan ineklerin yüzdesi, genellikle sürü yöneticisi tarafından, sürü - rumen sağlığının bir göstergesi olarak kabul edilir. Ruminal asidozun sürüde yaygın olması halinde geviş getiren ineklerin sayısı azalabilir, ancak görsel gözlem yoluyla ruminal asidozun saptanması zahmetli olacaktır. Bu nedenle ruminasyonu izlemek için otomatik kaydeden sistem ruminasyondaki farklılıkları tespit etmek için yararlı bir araç olabilir.

Rumen asidozunu tespit etmek için çiftlikte yararlı olabilecek bir başka kriter, yem yeme ile ruminasyonun başlangıcı arasındaki gecikme süresidir. Sağlıklı bir süt ineği için, normal olarak beslenme olayları arasında ruminasyon gerçekleşir, ancak sindirilebilirliği yüksek rasyonlar ile beslendiğinde, rumende büyük miktarda yem olmasına rağmen yem yemeden sonra ruminasyon aktivitesi ertelenebilir. Sırasıyla, 70:30 ya da 30:70 kaba: kesif yem oranı (KM bazında), ortalama latans (gizli olarak var olma süresi) süreleri ile ineklerin ortalama rumen pH'sı sırasıyla 19.4 dk (aralık: 4.1-44.5) ve 26.0 dk (6.0-70.6) ile 6.57 ve 6.15 bulunmuştur. Bu nedenle, bu

gecikme süresinin uzunluğunun, asidoz riskinin bir göstergesi olarak kullanılmasının mümkün olabileceği sonucuna varmışlardır (Dong ve ark., 2018).

Calamari ve ark. (2013), peripartum dönemde ruminasyon süresinin erken hastalık tespiti için bir araç olarak kullanımını değerlendirmek amacıyla serbest ahırda tutulan 23 İtalyan Friesian ineği (9 primipar ve 14 multipar) ile bir deneme yürütmüşlerdir. Ruminasyon süresi, bir otomatik sistem (Hr-Tag, SCR Engineers Ltd., Netanya, İsrail) kullanılarak sürekli olarak kaydedilmiş ve veriler 2 saatlik aralıklarla alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre doğum sırasında şiddetli inflamasyonun, buzağılamadan sonra ruminasyon süresinin daha yavaş artması ile ilişkili olduğu düşünülmüştür. Ayrıca, düşük ruminasyon süreli gruptaki ineklerin % 90'dan fazlasının erken laktasyonda yüksek ruminasyon süreli ineklerin % 42'sine kıyasla daha fazla klinik hastalıkları oluşmuştur. Genel olarak, buzağılama sırasında ve özellikle laktasyonun ilk haftası boyunca, bir hastalığın gelişme riskinin daha yüksek olduğu bu ineklerin zamanında belirlenmesinin bir yolu olarak otomatik sistemlerle izlemenin faydalı olduğu bildirilmektedir.

Soriani ve ark. (2012), primipar ve multipar süt ineklerinde geçiş döneminde ruminasyon hareketlerinin; metabolik koşullar, süt verimi ve sağlık durumu ile olan ilişkisini araştırmışlardır. Çalışma, serbest ahırda geçiş döneminde 32 İtalyan Friesian ineği (9 primipar ve 23 multipar) ile gerçekleştirilmiştir. Ruminasyon süresi otomatik bir sistemle (HR-Tag) kaydedilmiş ve veriler 2 saatlik aralıklarla alınmıştır. Günlük süt verimi, canlı ağırlık, beslenme durumu ve sağlık durumu da kaydedilmiştir. Sağlıklı ineklerde daha fazla ruminasyon süresi (520 dak. / gün), subklinik hastalıkları olan ineklerde ise ruminasyon süresinde azalma (450 dak. / gün) görülmüştür. Deneme sırasında klinik mastitisten etkilenen inekler, ilaç tedavisinden birkaç gün önce ruminasyon süresinde bir azalma göstermiştir. Ruminasyon süresinin otomatik olarak ölçülmesinin, buzağılama süresini tahmin etmek ve geçiş dönemi kadar kritik olan bir dönemde hayvanların sağlık durumu ile ilgili bilgileri hızlıca elde etmek için faydalı olduğu sonucuna varmışlardır.

6.3. Östrusun Belirlenmesi

Beauchemin (2007), östrus sırasında süt veriminin ve canlı ağırlığın yanı sıra yem tüketiminde de önemli bir azalma olduğunu bildirmişlerdir. Son yıllarda, ruminasyon ölçümleri de dahil olmak üzere otomatik teknolojilerin, östrusun görsel algılanmasını desteklemek veya değiştirmek için kullanılıp kullanılmayacağına

ilişkin ilgi giderek artmaktadır. Pahl ve ark. (2015), 25 primipar ve 37 multipar ineğin, östrusun başladığı ve döllenmenin olduğu günlerde, beslenme süreleri ve ruminasyon sürelerinde düşüş olduğunu rapor etmişlerdir. Farklılıklar, tohumlamadan önceki günlerde en yüksek değere sahip olduğu için; bu bilginin, zamanla tohumlama zamanının belirlenmesinde yardımcı olmak için kullanılabilceğini düşündürmektedir. Reith ve Hoy (2012) 4 çiftlikteki 224 ineğin ruminasyon süresi ile östrus (265 devir) arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Östrus gösteren inekler, östrus boyunca ortalama %17'den (74 dk / gün) daha az ruminasyon göstermiştir. Reith ve ark. (2014) sütçü ineklerin (453 östrus döngüsü) periyodik davranışlarını gözlemle incelemişler ve günlük ruminasyon süresinin ortalama %19,6 (83 dk / gün) azaldığını bildirmişlerdir. 32 baş Holstein ineği üzerinde yapılan bir çalışmada, östrus öncesi ve östrus esnasında çiğneme aktivitesi, rumen sıcaklığı ve aktivitesini izlemek için birkaç farklı otomatik izleme teknolojisi kullanılmıştır. Çalışma sırasında 18 inekte östrus görüntülenmiştir. Pedometrelerden elde edilen hareketlilik verileri, östrus sırasında ve östrus öncesi 14 gün ile karşılaştırıldığında, fiziksel aktivitenin, beslenme süresinin ve rumen sıcaklığının arttığı, dinlenme zamanının ve ruminasyonun (%40 daha az) azaldığı saptanmıştır (Dolecheck ve ark., 2015).

Reith ve Hoy (2012), süt sığırlarında ruminasyon süresinin östrus ile ilişkili olup olmadığını araştırmışlardır. 4 çiftlikte ineklere, sürekli kayıt yapan (2 saatlik aralıklar halinde) bir mikrofona dayalı sensör sistemi yerleştirmişlerdir. Suni tohumlama için 265 hayvandan 224 östrus döngüsündeki hayvan belirlenmiştir. Östruslu ineklerde, ruminasyon süresi önemli ölçüde 429 dk/gün'den 355 dk/gün'e düşmüştür. Östrus gününde minimum ruminasyon süresi bulunmuştur. Ruminasyon süresindeki azalma, multipar ineklerde primipar ineklere göre daha belirgin olmuştur. Bu çalışmalara dayanarak, diğer değerlendirmelerle birlikte kullanıldığında ruminasyon süresinin süt ineklerinde östrusun saptanmasında yararlı olabileceği kanısına varılmıştır.

6.4. Süt İneklerinde Doğum ve Hastalık Tespiti

Güç doğum yapma riskini en aza indirmek ile ineğin ve buzağının sonraki sağlığını sürdürmek için, doğum sırasında rahat bir ortam sağlamak gereklidir, ancak çiftlikte buzağılacak ineklerin belirlenmesi zor olabilir. Buzağılama başlangıcı

tipik olarak, meme sertliği, pelvik ligament gevşemesi ve vulva şişmesi gibi görsel işaretlerle belirlenir, ancak bu işaretlerde büyük bir değişkenlik vardır (Schirmann ve ark., 2013). Ruminasyon süresi, tek başına veya diğer değişkenler ile birleştirildiğinde, ticari çiftliklerdeki süt ineklerinin doğum ve hastalık tespiti için araştırılmıştır (Rutten ve ark., 2013; Pahl ve ark., 2014). Ruminasyon süresinin buzağılamadan önce yaklaşık ilk 8 saatte sürekli olarak azaldığı ve yaklaşık 6 saat sonra arttığı ve bunun da sınırlı yem tüketiminin bir sonucu olduğu bildirilmektedir (Beauchemin, 2017).

Schirmann ve ark. (2013), buzağılamada ruminasyon ve beslenme davranışlarındaki değişiklikleri tanımlamak amacıyla ruminasyon süresi, beslenme süresi ve kuru madde tüketimi, 11 inekte buzağılamadan önceki 96 saatten buzağılamadan sonraki 48 saate kadar izlemiştir. Kuru madde tüketimi, buzağılamadan önceki 24 saatte $3,8 \pm 1,9$ kg azalırken, buzağılamadan sonraki 24 saatte başlangıç değerlerine geri dönmüştür. Yemleme zamanı ve harcanan zaman, buzağılamadan önceki 4 ve 8 saatte azalmaya başlamış ve buzağılamadan sonraki 4 ve 6 saatte artmıştır. Ruminasyon süresi ve beslenmeye harcanan zamanın, buzağılamaya yakın inekleri tanımlayan araçlar olarak kullanılabilereği düşünölmüştür.

Ruminasyon süresinin izlenmesi, buzağılama zamanını tahmin etmede yararlı olabilir. Çalışmalarda ayrıca, hasta hayvanların sağlıklı ineklere kıyasla ruminasyon aktivitesinin düşük olup olmadığını da incelemiştir. Hasta ve sağlıklı inekler arasındaki ruminasyon süresindeki farklılık hastalığa, buzağılama dönemine ve mevsime bağlı olarak değişmektedir (Paudyal ve ark., 2016). KMT ve doğumun belirlenmesi için, King ve ark. (2017), günlük ruminasyon süresinin (Hi-Tag sistemi kullanılarak), abomasum deplansmanı tanısını 8 gün öncesinde, 45 dk / gün (%10-20), subklinik ketozisten 6 gün önce 25 dk / gün (%5-6), pnömoniden 5 gün önce 50 dk / gün (%9-13) azaldığını bildirmişlerdir. Kaufman ve ark. (2016) buzağılamadan sonra 14 ile 28 gün arasında 4 ticari çiftlikteki süt ineklerinin ruminasyon aktivitesini (Hi-Tag sistemi) izlemiş ve ketozisli ancak diğer sağlık problemleri olmayan multipar ineklerin ($n = 76$) 25 ± 12.8 dk geviş getirdiğini bildirmişlerdir. Ketozis ve diğer sağlık problemleri olan ineklerde ($n = 39$) sağlıklı ineklere ($n = 87$) kıyasla 44 ± 15.6 dk / gün daha az ruminasyon olduğu bildirilmiştir. Schirmann ve ark. (2016) sağlıklı ineklerle ($n = 20$) karşılaştırıldığında, subklinik ketozis ($n = 9$) ve ketozis ile

metritis (n = 9) olanların prepartum dönemde kuru madde tüketimlerinin daha düşük olduğunu ve doğumdan sonraki 2 ile 3 hafta boyunca daha az yem yemeye devam ettiğini bulmuşlardır, ruminasyon sadece ketozisli buzağılama öncesinde olan ineklerde azalmıştır.

Liboreiro ve ark. (2015), doğum sonrasındaki ineklerde ruminasyon ile hastalık arasındaki ilişkiyi incelemişler (ikiz ve güç doğum, subklinik hipokalsemi, metritis, fetal membranlar ve subklinik ketozis). İkiz doğuran inekler ve ölü buzağı doğuran inekler diğer ineklere kıyasla daha az geviş getirmişlerdir. Subklinik hipokalsemi ve ketozis ruminasyon süresini etkilememiştir, ayrıca birikmiş fetal membran veya metritli inekler, doğum sonrası 3. haftadan 9. haftaya kadar sağlıklı ineklerden daha az ruminasyon göstermiştir. Stangaferro ve ark. (2016a) inek aktivitesi ile ruminasyon süresinin, ciddi metrit vakaları olan inekleri tanımlamak için etkili olduğunu, ancak hafif metrit vakaları olan inekleri tanımlamak için daha az etkili olduğunu bildirmişlerdir. Kovács ve ark. (2017), normal buzağılayan ineklerle karşılaştırıldığında, distosisi (güç doğum yapan) olan ineklerde doğumdan sonraki 4. güne kadar 8 saat daha az ruminasyon yaptıkları bildirilmiştir.

Stangaferro ve ark. (2016b) inek aktivitesi ile birlikte ruminasyon süresinin izlenmesinin, *Escherichia coli*'nin neden olduğu klinik mastitis vakaları ile inekleri tanımlamak için etkili olduğunu göstermiştir. Siivonen ve ark. (2011) ve Fitzpatrick ve ark. (2013), deneysel olarak endotoksin kullanarak mastiti uyardıktan sonra, ineklerin sonraki saatlerde daha az ruminasyon gösterdiğini ve ruminasyon aktivitesindeki azalmanın bazı hastalık türlerinin iyi bir göstergesi olabileceğini gözlemlemişlerdir. Bununla birlikte ruminasyon süresinin, topallığın neden olan rahatsızlıkla ilişkili olmadığı ileri sürülmüştür (Walker ve ark., 2008).

Paudyal ve ark. (2016), sıcak ve serin mevsimlerde hastalık ortamından etkilenip etkilenmediğini saptamak için 210 multipar Holstein ineğindeki 14 günlük ruminasyon süresini (Heatime HR) izlemişlerdir. Ciddi negatif enerji dengesi ve sıcak mevsimde subklinik ketozisten etkilenen inekler, hem prepartum hem postpartum dönemde daha az geviş getirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, sıcak mevsimlerde güç doğumun prepartumda daha az ruminasyon ile ilişkili olduğunu, serin mevsim boyunca ise postpartumda daha az ruminasyon ile sonuçlandığını gözlemlemişlerdir. Ketozisli ineklerde, her iki mevsimde doğum öncesi ve sonrası ruminasyon zamanı azalmıştır. Paudyal ve ark. (2016) ayrıca, hipokalsemi ve mastitli

ineklerde, yaz mevsiminde ineklerin buzağılama döneminde ruminasyon süresinin kısaldığını ve her iki mevsimde de metritli inekler ile daha az ruminasyon yaptığını bildirmişlerdir.

Sensör teknolojisinin gelişmesi ile; bireysel hayvanların ruminasyon süresini, ticari çiftliklerde izlemek artık çok kolaylaşmıştır. Birlikte ele alındığında, bu çalışmalar azalan ruminasyon süresinin, bazı hastalıkların görülmesi ve doğumla ilişkilendirilebileceğini göstermektedir. Ruminasyon süresinin izlenmesi, kuru madde tüketimini izlemeden daha kolay olduğundan, sağlık sorunlarını saptamak için yararlı bir gösterge olabilir. Sensörler kullanılarak ruminasyon aktivitesindeki değişikliklerin izlenmesi, genel inek sağlığı hakkında daha fazla bilgi sağlar ve yüksek verimli süt ineklerinde metabolik hastalık tespit yöntemlerini tamamlamak için kullanılabilir.

6.5. Sıcaklık Stresi

Abeni ve Galli (2017), sıcaklık-nem indeksinin farklı (SNI; 68 vs 90) olduğu yaz mevsiminde sıcaklık stresinin olmadığı ve yüksek sıcaklık stresinin olduğu dönemde, 58 süt ineği kullanılarak sıcaklık stresi göstergesi olarak inek aktivitesi ve ruminasyon süresinin araştırmışlardır. Sıcaklık stresi sırasında, toplam ruminasyon süresi yaklaşık %35 azalmıştır, ruminasyonda ki en büyük azalma sıcaklığın en yüksek olduğu, öğleden sonra meydana gelmiştir. Bununla birlikte, Stone ve ark. (2017) ruminasyon süresi ile maksimum SNI arasında bir ilişki göstermemiştir. Paudyal ve ark. (2016) sağlıklı ineklerdeki 14 gün'de ruminasyon süresinin sıcak mevsimde (aylık ortalama SNI ≥ 76) daha kısa olduğunu gözlemlemişlerdir (aylık ortalama SNI < 76 ; 487' ye karşı 432 dak / gün). Postpartum dönemde, sıcak havanın ruminasyon süresi üzerindeki etkisinin ineğin sağlığına bağlı olduğu bildirilmiştir. Sıcaklık stresi sırasında, negatif enerji dengesinde veya erken laktasyon sırasında subklinik ketozisli inekler sağlıklı ineklerden daha az ruminasyon göstermiştir.

6.6. Metan Üretimi

Ruminantlarda sera gazı üretiminin azaltılmasına yönelik çalışmalar, bireysel ineklerdeki metan üretimini değerlendirmek için yapılmıştır (Negussie ve ark., 2017). Ruminasyon süresinin metan üretimi için bir gösterge olarak kullanılmasını Watt ve ark. (2015) mera tabanlı otomatik sağım sistemindeki inekler üzerinde

incelemişlerdir. Ruminasyon aktivitesi 156 süt ineği için akustik olarak izlenmiş ve her bir inek için metan gazı emisyonunda GreenFeed sistemi (CLOCK, Rapid City, SD) kullanılmıştır. Canlı ağırlığı daha fazla olan yaşlı inekler daha fazla kuru madde tüketimine sahiptir ve daha uzun süre geviş getirirler. Buna kıyasla daha genç inekler ile karşılaştırıldığında daha fazla metan üretirler. Tahmini kuru madde tüketiminin ruminasyon ve metan üretimi üzerine doğrudan olumlu etkileri vardır, ancak metan üretimi üzerine ruminasyonun doğrudan bir etkisi yoktur. Araştırmada, ruminasyon süresinin izlenmesinin metan üretimini tahmin etmek için tek bir gösterge olarak doğrudan kullanılmayacağı sonucuna varılmıştır.

7. SONUÇLAR

Besleme yönetimi ve sürü sağlığı için geliştirilen sistemler iş yükünün azaltılmasında ve zamandan tasarruf yapılmasının yanında, sürüde oluşabilecek problemlere karşı tahminleme yeteneğini artırılıp ortaya çıkabilecek olası bir sorun için önlem alınmasında, sorunun çözümünde ise karar verme açısından yardımcı olacaktır. Doğumla birlikte oluşabilecek metabolik bozukluklar (asidoz, ketosis vb.), östrusun doğru zamanda tespit edilmesi, yem tüketimi ve etkin rasyon formülasyonlarının oluşturulması açısından elde edilen verilerin kullanılması sürü yöneticisi için büyük kolaylıklar sağlayacaktır. Yem yeme zamanı ve ruminasyon süresi, rasyonun hem kimyasal hem de fiziksel özelliklerinden etkilenir, ancak besleme yönetimi, inek varyasyonu ve sağlık gibi diğer faktörler ruminasyon süresi üzerinde artış veya azalış yönünde etkiye sahip olabilirler. Teknolojideki hızlı gelişim ve dönüşüm, ticari süt sığırcılığı işletmelerinde, süt ineklerindeki ruminasyonu izleyen düşük maliyetli sensörler, özellikle diğer kriterlerle (çiğneme, kuru madde tüketimi, metabolik bozukluklar, sıcaklık stresi vb.) birleştirildiğinde yönetim kararlarında yardımcı olabilecek bilgiler sağlayabilir. Daha iyi alternatiflerin olmadığı ve yüksek doğruluğa sahip olduğu göz önünde bulundurulduğunda, bu sensör teknolojilerinin ticari süt çiftliklerinde kullanılması önerilmektedir, ancak veriler özellikle çiftliklerde uzmanlar tarafından dikkatli bir şekilde yorumlanmalı ve yukarıda bahsedilen diğer faktörlerle beraber değerlendirilmelidir.

Kaynaklar

- Abeni, F., & Galli, A. (2017). Monitoring cow activity and rumination time for an early detection of heat stress in dairy cow. *International Journal of Biometeorology* 61:417-425.
- Aikman, P. C., Reynolds, C. K., & Beever, D. E. (2008). Diet digestibility, rate of passage, and eating and rumination behavior of Jersey and Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 91:1103–1114.
- Alamouti, A. A., Alikhani, M., Ghorbani, G.R., Teimouri-Yansari, A., & Bagheri, M. (2014). Response of early lactation holstein cows to partial replacement of neutral detergent soluble fibre for starch in diets varying in forage particle size. *Livestock Science* 60:60-68.
- Allen, M. S. (1997). Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. *Journal of Dairy Science* 80:1447-1462.
- Ambriz-Vilchis, V., Jessop, N. S., Fawcett, R.H., Shaw, D.J., & Macrae, A.I. (2015). Comparison of rumination activity measured using rumination collars against direct visual observations and analysis of video recordings of dairy cows in commercial farm environments. *Journal of Dairy Science* 98:1750-1758.
- Bailey, C. B., & Balch, C. C. (1961). Saliva secretion and its relation to feeding in cattle. 2. The composition and rate of secretion of mixed saliva in the cow during rest. *British Journal of Nutrition* 15:383-402.
- Beauchemin, K. A., & Rode, L. (1994). Compressed baled alfalfa hay for primiparous and multiparous dairy cows. *Journal of Dairy Science* 77:1003-1012.
- Beauchemin, K. A., Eriksen, L., Nørgaard, P., & Rode, L.M. (2008). Salivary secretion during meals in lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 91:2077-2081.
- Beauchemin, K. A. (2017). Current perspectives on eating and rumination activity in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 101(6) :4762-4784.
- Bikker, J. P., Van Laar, H., Rump, P., Doorenbos, J., Van Meurs, K., Griffioen, G.M., & Dijkstra, J. (2014). Evaluation of an ear-attached movement sensor to record cow feeding behavior and activity. *Journal of Dairy Science* 97:2974-2979.
- Borchers, M. R., Chang, Y. M., Tsai, I.C., Wadsworth, B. A., & Bewley, J. M. (2016). A validation of technologies monitoring dairy cow feeding, ruminating, and lying behaviors. *Journal of Dairy Science* 99:7458-7466.
- Calamari, L., Soriani, N., Panella, G., Petrera, F., Minuti, A., & Trevisi, E. (2013). Rumination time around calving: an early signal to detect cows at greater risk of disease. *Journal of Dairy Science* 97 :3635-3647.
- Crossley, R. E., Harlander-Matauschek, A., & Devries, T.J. (2017). Variability in behavior and production among dairy cows fed under differing levels of competition. *Journal of Dairy Science* 100:3825-3838.
- Dado, R. G., & Allen, M.S. (1994). Variation in and relationships among feeding, chewing, and drinking variables for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 77:132-144.
- De Mol, R. M., R. Goselink, M.A., Van Riel, J.W., Knijn, H. M., & Van Knegsel, A. T. M. (2016). The relation between eating time and feed intake of dairy cows. *Proceeding of Precision Dairy Farming Conference*, pp: 387-392 Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands.
- Devries, T. J., Beauchemin, K.A., Dohme, F., & Schwartzkopfgenswein, K.S. (2009). Repeated ruminal acidosis challenges in lactating dairy cows at high and low risk for developing acidosis: Feeding, ruminating, and lying behavior. *Journal of Dairy Science* 92:5067-5078.

- Devries, T. J., Von Keyserlingk, M. A. G., & Weary, D.M. (2004). Effect of feeding space on the inter-cow distance, aggression, and feeding behavior of free-stall housed lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 87:1432-1438.
- Dijkstra, J., Ellis, J. L., Kebreab, E., Strathe, A. B., López, S., France, J., & Bannink, A. (2012). Ruminant pH regulation and nutritional consequences of low pH. *Animal Feed Science & Technology* 172:22-33.
- Dolecheck, K. A., Silvia, W. J., Heersche Jr., G., Chang, Y. M., Ray, D. L., Stone, A. E., Wadsworth, B. A., & Bewley, J. M. (2015). Behavioral and physiological changes around estrus events identified using multiple automated monitoring technologies. *Journal of Dairy Science* 98:8723-8731.
- Dong, R. L., Chibisa, G. E., & Beauchemin, K.A. (2018). Estimating optimal observational sampling frequency of behaviors for cattle fed high and low forage diets. *Journal of Animal Science* 96:783-796.
- Egert, A. M., Klotz, J. L., Mcleod, K.R., & Harmon, D. L. (2014). Development of a methodology to measure the effect of ergot alkaloids on forestomach motility using real-time wireless telemetry. *Frontiers in Chemistry* 2:90.
- Elischer, M. F., Arceo, M. E., Karcher, E. L., & Siegford, J. M. (2013). Validating the accuracy of activity and rumination monitor data from dairy cows housed in a pasture-based automatic milking system. *Journal of Dairy Science* 96 :6412-6422.
- Fitzpatrick, C. E., Chapinal, N., Petersson-Wolfe, C. S., Devries, T. J., Kelton, D. F., Duffield, T. F., & Leslie, K. E. (2013). The effect of meloxicam on pain sensitivity, rumination time, and clinical signs in dairy cows with endotoxin-induced clinical mastitis. *Journal of Dairy Science* 96:2847-2856.
- Goldhawk, C., Schwartzkopf-Genswein, K., & Beauchemin, K. A. (2013). Validation Of Rumination Collars For Beef Cattle. *Journal of Animal Science* 91:2858-2862.
- Hämäläinen, W., Ruuska, S., Kokkonen, T., Orkola, S., & Mononen, J. (2016). Measuring behaviour accurately with instantaneous sampling: A new tool for selecting appropriate sampling intervals. *Applied Animal Behaviour Science* 180:166-173.
- Huws, S. A., Mayorga, O.L., Theodorou, M.K., Onime, L.A., Kim, E.J., Cookson, A.H., Newbold, C.J., & Kingston-Smith, A. H. (2013). Successional colonization of perennial ryegrass by rumen bacteria. *Letters in Applied Microbiology* 56:186-196.
- Kaufman, E. I., Asselstine, V. H., Leblanc, S. J., Duffield, T.F., & Devries, T. J. (2018). Association of rumination time and health status with milk yield and composition in early-lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science* 101:462-471.
- King, M. T. M., Crossley, R. E., & Devries, T. J. (2016). Impact of timing of feed delivery on the behavior and productivity of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 99:1471-1482.
- King, M. T. M., Dancy, K.M., Leblanc, S. K., Pajor, E. A., & Devries, T. J. (2017). Deviations in behavior and productivity data before diagnosis of health disorders in cows milked with an automated system. *Journal of Dairy Science* 100:8358-8371.
- Kononoff, P. J., Lehman, H., & Heinrichs, A. (2002). A comparison of methods used to measure eating and ruminating activity in confined dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 85:1801-1803.
- Kovács, L., Kézér, F. L., Ruff, F. & Szenci, O. (2017). Rumination time and reticuloruminal temperature as possible predictors of dystocia in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 100:1568-1579.
- Liboreiro, D. N., Machado, K. S., Silva, P. R. B., Maturana, M. M., Nishimura, T. K., Brandão, A. P., Endres, M. I., & Chebel, R. C. (2015). Characterization of peripartum rumination and activity of cows diagnosed with metabolic and uterine diseases. *Journal of Dairy Science* 98:6812-6827.

- Lopreiato, V., Minuti, A., Cappelli, F.P., Vailati-Riboni, M., Britti, D., Trevisi, E., & Morittu, V.M. (2018). Daily rumination pattern recorded by an automatic rumination monitoring system in pre-weaned calves fed whole bulk milk and ad libitum calf starter. *Livestock Science* 212: 127-130.
- Mason, P. M., & Stuckey, D. C. (2016). Biofilms, bubbles and boundary layers—A new approach to understanding cellulolysis in anaerobic and ruminant digestion. *Water Research* 104:93-100.
- Miller-Cushon, E. K., & Devries, T. J. (2017). Associations between feed push-up frequency, feeding and lying behavior, and milk yield and composition of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 100:2213-2218.
- Munksgaard, L., Jensen, M. B., Pedersen, S L. J., Hansen, W., & Matthews, L. (2005). Quantifying behavioural priorities—Effects of time constraints on behaviour of dairy cows, *Bos Taurus*. *Applied Animal Behaviour Science* 93:3-14.
- Nasrollahi, S. M., Imani, M., & Zebeli, Q. (2016). A meta-analysis and meta-regression of the impact of particle size, level, source and preservation method of forages on chewing behavior and ruminal fermentation in dairy cows. *Animal Feed Science & Technology* 219:144-158.
- Negussie, E., De Haas, Y., Dehareng, F., Dewhurst, R. J., Dijkstra, J., Gengler, N., Morgavi, D. P., Soyeurt, H., Van Gastelen, S., Yan, T., & Biscarini, F. (2017). Large-scale indirect measurements for enteric methane emissions in dairy cattle: A review of proxies and their potential for use in management and breeding decisions. *Journal of Dairy Science* 100:2433-2453.
- Nogami, H., Arai, S., Okada, H., Zhan, L., & Itoh, T. (2017). Minimized bolus-type wireless sensor node with a built-in three-axis acceleration meter for monitoring a cow's rumen conditions. *Sensors* 17 (4): E687.
- Nørgaard, P., Nadeau, E., & Randby, Å. T. (2011). A new nordic structure evaluation system for diets fed to dairy cows: a meta analysis. In *Norfor—The Nordic Feed Evaluation System*. In Ed.: Volden, H., & Gustafsson, A.H. pp: 127–132 Springer, Berlin, Germany.
- Pahl, C., Hartung, E., Grothmann, A., Mahlkow-Nerge, K., & Haeussermann, A. (2014). Rumination activity of dairy cows in the 24 hours before and after calving. *Journal of Dairy Science* 97:6935-6941.
- Pahl, C., Hartung, E., Mahlkow-Nerge, K., & Haeussermann, A. (2015). Feeding characteristics and rumination time of dairy cows around estrus. *Journal of Dairy Science* 98:148-154.
- Paudyal, S., Maunsell, F., Richeson, J., Risco, C., Donovan, A., & Pinedo, P. (2016). Peripartur ruminant dynamics and health status in cows calving in hot and cool seasons. *Journal of Dairy Science* 99:9057-9068.
- Phillips, N., Mottram, T., Poppi, D., Mayer, D. & McGowan, M.R. (2010). Continuous monitoring of ruminal pH using wireless telemetry. *Animal Production Science* 50: 72-77.
- Reith, S., & Hoy, S. (2012). Relationship between daily rumination time and estrus of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 95:6416-6420.
- Reith, S., Brandt, H., & Hoy, S. (2014). Simultaneous analysis of activity and rumination time, based on collar-mounted sensor technology, of dairy cows over the peri-estrus period. *Livestock Science* 170:219- 227.
- Rutten, C. J., Velthuis, A. G. J., Steeneveld, W., & Hogeveen, H. (2013). Sensors to support health management on dairy farms. *Journal of Dairy Science* 96:1928-1952.

- Schirmann, K., Von Keyserlingk, M. A., Weary, D. M., Veira, D. M., Heuwieser, W. (2009). Validation of a system for monitoring rumination in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 92:6052-6055.
- Schirmann, K., Chapinal, N., Weary, D. M., Heuwieser, W., & Von Keyserlingk, M. A. G. (2012). Rumination and its relationship to feeding and lying behavior in holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science* 95:3212-3217.
- Schirmann, K., Chapinal, N., Weary, D. M., Vickers, L., & Von Keyserlingk, M. A. G. (2013). Rumination and feeding behavior before and after calving in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 96:7088-7092.
- Schirmann, K., Weary, D. M., Heuwieser, W., Chapinal, N., Cerri, R. L. A., & Von Keyserlingk, M. A. G. (2016). Rumination and feeding behaviors differ between healthy and sick dairy cows during the transition period. *Journal of Dairy Science* 99:9917-9924.
- Siivonen, J., Taponen, S., Hovinen, M., Pastell, M., Lensink, B. J., Pyörälä, S., & Hänninen, L. (2011). Impact of acute clinical mastitis on cow behaviour. *Applied Animal Behaviour Science* 132:101-106.
- Soriani, N., Trevisi, E., & Calamari, L. (2012). Relationships between rumination time, metabolic conditions, and health status in dairy cows during the transition period. *Journal of Animal Science* 90:4544-4554
- Stangaferro, M. L., Wijma, R., Caixeta, L. S., Al-Abri, M. A., & Giordano, J.O. (2016a). Use of rumination and activity monitoring for the identification of dairy cows with health disorders: Part I. Metabolic and digestive disorders. *Journal of Dairy Science* 99:7395-7410.
- Stangaferro, M. L., Wijma, R., Caixeta, L. S., Al-Abri, M. A., & Giordano, J.O. (2016b). Use of rumination and activity monitoring for the identification of dairy cows with health disorders: Part II. Mastitis. *Journal of Dairy Science* 99:7411-7421.
- Stone, A. E., Jones, B. W., Becker, C. A., & Bewley, J. M. (2017). Influence of breed, milk yield, and temperature-humidity index on dairy cow lying time, neck activity, reticulorumen temperature, and rumination behavior. *Journal of Dairy Science* 100:2395-2403.
- Walker, S. L., Smith, R. F., Routly, J. E., Jones, D. N., Morris, M. J., & Dobson, H. (2008). Lameness, activity time-budgets, and estrus expression in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 91:4552-4559.
- Watanabe, N., Sakanoue, S., Kawamura, K., & Kozakai, T. (2008). Development of an automatic classification system for eating, ruminating and resting behavior of cattle using an accelerometer. *Grassland Science* 54(4): 231-237.
- Watt, L. J., Clark, C. E. F., Krebs, G. L., Petzel, C. E., Nielsen, S., & Utsumi, S. A. (2015). Differential rumination, intake, and enteric methane production of dairy cows in a pasture-based automatic milking system. *Journal of Dairy Science* 98:7248-7263.
- White, R. R., Hall, M. B., Firkins, J. L., & Kononoff, P. J. (2017). Physically adjusted neutral detergent fiber system for lactating dairy cow rations. I: Deriving equations that identify factors that influence effectiveness of fiber. *Journal of Dairy Science* 100:9551-9568.
- Yujuan, C., Dongjian, H., Yinxi, F., & Huaibo, S. (2017). Intelligent monitoring method of cow ruminant behavior based on video analysis technology. *International Journal Agriculture & Biological Engineering* 10(5): 194-202.
- Zebeli, Q., J. Aschenbach, R., Tafaj, M., Boguhn, J., Ametaj, B. N., & Drochner, W. (2012). Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 95:1041-1056.