BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ
Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University
e-ISSN 2651-4044
https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursauludagziraat
http://www.uludag.edu.tr/ziraatdergi
Haziran/2026, 40(1), s. 227-239

ARAŞTIRMA MAKALESİ RESEARCH ARTICLE

Geliş Tarihi (Received): 18.03.2026
Kabul Tarihi (Accepted): 20.04.2026

Süt İneklerinde Ketozis ve Hipokalseminin Geviş Getirme Süresi, Süt Verimi ve Serum Biyokimyasal Parametreleri Üzerine Etkilerinin Değerlendirilmesi[A]

Ekin SUCU [1], Serdar DURU[*2], Deniz YAVUZ[3]

Öz: Bu araştırmanın amacı, süt ineklerinde doğum sonrası dönemde görülen iki önemli metabolik hastalık olan ketozis ve hipokalseminin geviş getirme süresi (GS) ve süt verimi (SV) üzerine etkilerini belirlemektir. Çalışma, Çanakkale'de bulunan bir süt sığırcılığı işletmesinde yürütülmüştür. Araştırmada robotik sağım sistemine sahip işletmede yetiştirilen Holstein ırkı ineklere ait veriler kullanılmıştır. Kan analizleri sonucunda ketozis tanısı konulan 19 baş, hipokalsemi tanısı konulan 19 baş ve herhangi bir metabolik hast[A]alığı bulunmayan 20 baş olmak üzere toplam 58 ineğe ait günlük ve haftalık GS ile SV kayıtları değerlendirilmiştir. GS verileri, sağım robotlarına entegre sürü yönetim sisteminden elde edilmiştir. Kan biyokimyasal analizleri otoanalizör kullanılarak gerçekleştirilmiş; Beta-hidroksibütirik asit (BHBA) >1.0 mmol/L olan hayvanlar ketozis, serum kalsiyum (Ca) <8.3 mg/dL olan hayvanlar ise hipokalsemi vakası olarak sınıflandırılmıştır. Verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde varyans analizi (ANOVA) ve Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre ketozis ve hipokalseminin günlük ve haftalık GS ile günlük SV üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisi bulunmamıştır ($p>0.05$). Buna karşılık, laktasyon sayısının günlük SV üzerinde önemli etkisi olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Ayrıca hipokalsemi vakalarının daha çok ileri laktasyondaki (3+) ineklerde, ketozis vakalarının daha çok ikinci laktasyondaki ineklerde ortaya çıktığı belirlenmiştir.

[A] Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

[*] **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** [2] Serdar DURU, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Bursa, Türkiye, sduru@uludag.edu.tr, OrcID 0000-0001-5243-4458

[2] Ekin SUCU, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Bursa, Türkiye, ekins@uludag.edu.tr, OrcID 0000-0003-1470-2751

[3] Deniz YAVUZ, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Bursa, Türkiye, 052290004@ogr.uludag.edu.tr, OrcID 0009-0006-4698-6313.

Atıf/Citation: Sucu, E., Duru, S., Yavuz, D. 2026 Süt İneklerinde Ketozis ve Hipokalseminin Geviş Getirme Süresi, Süt Verimi ve Serum Biyokimyasal Parametreleri Üzerine Etkilerinin Değerlendirilmesi *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 40(1), 227-239. https://doi.org/ 10.20479/bursauludagziraat.1911734

Biyokimyasal analizlerde ise ketozis grubunda BHBA düzeyinin yüksek olduğu, hipokalsemi grubunda ise serum kalsiyum (Ca) ve fosfor düzeylerinin daha düşük olduğu saptanmıştır ($p<0.01$). Sonuç olarak, ketozis ve hipokalsemi metabolik parametrelerde belirgin değişikliklere yol açmasına rağmen, bu çalışmada GS ve SV üzerine belirgin bir etkisi gözlenmemiştir. Bununla birlikte geviş getirme davranışının sürü yönetimi açısından erken uyarı göstergesi olarak kullanılabileceği değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ketozis, hipokalsemi, geviş getirme süresi, süt verimi, süt ineği, metabolik hastalıklar.

Evaluation of the Effects of Ketosis and Hypocalcemia on Rumination Time, Milk Yield and Serum Biochemical Parameters in Dairy Cows

Abstract: The aim of this study was to determine the effects of two important postpartum metabolic disorders, ketosis and hypocalcemia, on rumination time (RT) and milk yield (MY) in dairy cows. The study was conducted at a dairy farm in Çanakkale. Data were obtained from Holstein cows raised in a farm equipped with a robotic milking system. A total of 58 cows were included in the study, consisting of 19 cows diagnosed with ketosis, 19 cows diagnosed with hypocalcemia, and 20 clinically healthy cows. Daily and weekly RT as well as MY records were evaluated. Rumination data were obtained from the herd management system integrated into the robotic milking units. Blood biochemical analyses were performed using an autoanalyzer. Cows with beta-hydroxybutric acid (BHBA) concentrations >1.0 mmol/L were classified as ketosis cases, while cows with serum calcium (Ca) levels <8.3 mg/dL were considered hypocalcemic. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) followed by Tukey's multiple comparison test. The results showed that ketosis and hypocalcemia had no significant effect on daily and weekly RT or daily MY ($p>0.05$). However, lactation number had a significant effect on daily MY ($p<0.05$). Hypocalcemia cases were more frequently observed in cows with higher lactation numbers, whereas ketosis was more common in second-lactation cows. Biochemical analyses indicated higher BHBA levels in the ketosis group and lower serum Ca and phosphorus concentrations in the hypocalcemia group. In conclusion, although ketosis and hypocalcemia caused noticeable changes in metabolic parameters, no significant effect on RT or MY was observed in this study. Nevertheless, monitoring rumination behavior may provide useful information for early detection of metabolic disorders in dairy herd management.

Keywords: Ketosis, hypocalcemia, rumination time, milk yield, dairy cows, metabolic disorders.

Giriş

Ruminantlarda geviş getirmenin, süt ineklerinin rumen sindirimini, sağlığını ve verimliliğini korumak için yaptığı önemli bir davranış olduğu belirtilmektedir (DeVries, 2016). Ruminasyon öncelikle rasyon bileşiminden

etkilenirken, aynı zamanda inek sağlığı, çevre, stres faktörleri ve fizyolojik olaylar tarafından da etkilenir (Welch ve ark., 1970). Geviş getirme, rumenden ağza lifli sindirim içeriğinin geri gelmesi, tekrar çiğnenmesi ve yeniden tükürük salgısıyla karışıp yutularak içeriğin rumene geri dönmesi süreci olarak tanımlanmıştır (Beauchemin, 2018).

Geviş getirme sırasında yem çiğnendikçe, parçacıkların boyutu küçülür ve yem topağını kayganlaştırmak ve yutmayı kolaylaştırmak için tükürük salgılanır. Aynı zamanda tükürük, işkembe için önemli bir tampon görevi görür. Bu nedenle çiğneme, yemlerin mikrobiyal sindirimi için optimum işkembe pH'sının korunmasında önemli bir rol oynar. Ayrıca, çiğneme sırasında yemlerin fiziksel olarak parçalanması, mikrobiyal kolonizasyonu ve küçük parçacıkların işkembeden alt gastrointestinal sisteme geçişini kolaylaştırır. İşkembe asidozu riskini en aza indirmek, lif sindirimini artırmak ve süt ineklerinde yüksek yem alımını teşvik etmek için optimum bir çiğneme süresi gereklidir (Hoffmann ve ark.., 2024).

Subklinik hastalıkların neden olduğu stres, sıcak stresi, östrus gibi fizyolojik durumlar, yem tüketimi ve yemlerin fiziksel formu gibi faktörler ruminasyon zamanını etkileyebilir. Sürüde geviş getirme süresinin sürekli olarak izlenmesi, kızgınlık döneminin, refah azalmasının ve sağlık sorunlarının zamanında tespit edilmesi için çok önemlidir (Grant ve Dann, 2015).

İneklerin, tüketilen her kilogram kaba yem için 25-80 dakika geviş getirdiği bildirilmiştir. Ayrıca geviş getirme süresinin 24 saatlik bir ritmi takip ederek, ideal koşullar altında günde toplam 480 ila 540 dakika arasında olduğu bildirilmektedir. Doğumdan sonra geviş getirme süresinin yaklaşık %70 azaldığı, ancak sağlıklı bir inekte bu sürenin her gün yaklaşık 50 dakika/gün artarak normale döndüğü belirtilmektedir (Drackley, 1999).

Geçiş dönemi, doğumdan üç hafta önce başlayıp, doğumdan üç hafta sonrasına kadar olan, inek için en zorlu ve kritik olarak kabul edilen bir safhadır (Sordillo ve Raphael, 2013). Bu zaman diliminde inek, gebelikten süt üretiminin başladığı döneme geçerken hem beslenme ihtiyaçları hem de fizyolojik ve metabolik bakımdan önemli değişiklikler geçirir (Mulligan ve Doherty, 2008). Geçiş döneminde besin maddeleri ihtiyacı ile temini arasındaki dengesizlik, birçok metabolik sürecin bozulmasına yol açabilir ve bunun sonucunda metabolik hastalıklar ortaya çıkar (Oetzel, 2014). Bu metabolik hastalıkların en sıklıkla görülenleri hipokalsemi, ketozis, subakut rumen asidozu ve laminitis gibi buna bağlı gelişen diğer hastalıklardır (Sadiq ve ark., 2024).

Geviş getirme davranışının, hastalıklı ineklerin belirlenmesinde de önemli olduğu ve geviş getirmenin özellikle erken laktasyon döneminde hayvanın sağlık ve yönetim ile ilgili problemlere duyarlı olduğu ifade edilmektedir. Birçok çalışma, metrit, metabolik hastalıklar ve sindirim bozuklukları geliştirme riski taşıyan inekleri belirlemek için geviş getirme süresinin kullanılabileceği konusunda umut verici sonuçlar vermiştir (McArt ve ark., 2015).

Ketozisin süt sığırı işletmelerinde ciddi verim kayıplarına neden olarak önemli ekonomik kayıplara yol açtığını bildiren birçok araştırma bulunmaktadır (Suthar ve ark., 2013; Saradhi ve ark., 2024). Ketozis süt sığırlarında önemli bir metabolik hastalık olarak daha çok geçiş döneminde ortaya çıkar. Bu dönemde negatif enerji dengesi (NED) sonucu oluşan yağ rezervlerindeki aşırı mobilizasyon, keton cisimlerinin (BHBA, asetoasetat (AcAc) ve aseton (Ace)) aşırı üretimine yol açar ve ineklerin karaciğer fonksiyonunu ve genel metabolik sağlığını önemli ölçüde zayıflatır (Kavibharathy ve ark., 2025).

Yüksek verimli süt inekleri, enerji alımı ile süt üretimi için gereken enerji ihtiyacı arasındaki uyumsuzluk nedeniyle genellikle erken laktasyon döneminde negatif enerji dengesine girer. Bu metabolik dengesizlik, vücut yağ rezervlerinin harekete geçirilmesini tetikler ve hipoglisemiye yol açar. Bu durum hayvanları yağlı karaciğer sendromu ve ketozis gibi metabolik durumlara yatkın hale getirir. Ketozis, özellikle kan, idrar ve sütte keton cisimlerinin BHBA, AcAc ve Ace seviyelerinin yükselmesiyle karakterize edilen önemli bir metabolik bozukluktur (Mann ve McArt, 2023).

Mann ve McArt (2023), doğum sonrası dönemde 1.2 mmol/L seviyesinin üzerindeki BHBA düzeylerini metabolik bozukluklara ilişkin erken uyarı sinyali olarak bildirmektedir. Araştırmacılar, BHBA konsantrasyonunun 1.0-1.2 mmol/L üzerinde olduğunda subklinik ketozis olarak kabul edildiğini, 1.5 mmol/L üzerinde olduğunda hafif, 2.0 mmol/L'den fazla olduğunda orta, 3.0 mmol/L üzerinde ise belirgin ketozis olarak değerlendirildiğini ileri sürmektedir. Keton cisimciklerinin en konsantre olarak idrarda, takiben kanda ve daha az sütte bulunduğu, BHBA düzeyinin ise kanda daha stabil olarak saptanabildiği belirtilmektedir (Mann ve McArt, 2023).

Ca, hayvan vücudunda en bol bulunan mineraldir. Bu nedenle Ca hayvanların yaşamındaki birçok mekanizma için hayati olup, ruminantların beslenmesinde anahtar bir besin maddesidir (Bodin, 2024). Erken laktasyonda Ca ihtiyacının ani artışı sonucu kan Ca konsantrasyonunun düşmesi olan hipokalsemi, yetiştiriciler için yaygın bir sorundur. Çoğunlukla süt hayvanlarında gözlemlenen hipokalseminin (süt humması), hayvan sağlığı, üreme performansı ve çiftçilerin gelirleri üzerinde birçok olumsuz etkiye sahip olduğu bildirilmektedir (Oetzel, 2024).

Hipokalsemi, doğumdan hemen sonra kandaki Ca konsantrasyonunun düşük olması durumudur. Doğumdan sonra düşük kan Ca konsantrasyonu normaldir, çünkü kolostrum ve süt üretimi Ca atılımında ani bir artışa neden olur (Berean ve ark., 2025). Normal koşullarda Ca konsantrasyonu 4 gün içinde normale dönmelidir. Subklinik hipokalsemi (SCH) bir dizi önemli üreme ve verimlilik sorunuyla ilişkilendirilmektedir. Çoklu doğum yapmış süt ineklerinin %50'sine kadarının doğum sonrası SCH yaşayabileceği, ilk doğum yapan ineklerde ise bu oranın daha düşük olduğu belirtilmiştir (Bruno, 2010).

Bir süt ineğinin Ca ihtiyacının en yüksek olduğu zaman doğuma yakın olan dönemlerdir. Doğum yaklaştıkça hem kolostrum üretimi hem de doğum sürecine dahil olan kasların kasılması için yüksek miktarda kalsiyuma ihtiyaç duyulur. Kanda normal Ca seviyesi yaklaşık 8,5–10 mg/dL'dir; kolostrumdaki Ca yoğunluğu litre başına 2–3 g'dır. Bir inek 10 litre kolostrum ürettiğinde, meme bezine kandan yaklaşık 30 gram Ca taşınmış olur; bu da ineğin plazmasında serbest halde bulunan Ca miktarının 10 katı kadar kalsiyuma ihtiyaç duyulduğunu gösterir. Bu Ca açığı sonucunda subklinik veya klinik hipokalsemi belirtileri açığa çıkabilir (Reinhardt ve ark., 2011).

Plazma Ca konsantrasyonunun 8 mg/dL'den düşük olması olarak tanımlanan subklinik hipokalsemi, çoklu doğum yapmış ineklerin yaklaşık %50'sini ve düvelerin %25'ini etkiler (Ramberg ve ark., 1984). Hipokalsemi oluştuğunda paratiroid hormonunun (PTH) salgılanması hızla artar. Hipokalsemi geliştirmeyen ineklerde, PTH idrar kalsiyumunun geri emilimi, kemiklerden Ca mobilizasyonunu ve rasyon kalsiyumunun bağırsak emilimini artırarak kandaki Ca eksikliğini tamamlar (Goff ve ark., 2013).

Sağlıklı inekler günde 8 ila 9 saat geviş getirir. Hipokalseminin sinir ve kas fonksiyonlarını bozduğu bilinmektedir. Araştırmacılar, doğum öncesi ve sonrası dönemdeki ineklerde hipokalseminin geviş getirme aktivitesini azaltacağı hipotezini ortaya koymuş ve yem yeme sırasında çiğnemeye harcanan süreyi ve geviş getirme olaylarının sayısının da azaldığını gözlemlemişlerdir (Goff ve ark., 2019).

Başka bir araştırmada, artan geviş getirme süresinin (GS), artan tükürük üretimi nedeniyle daha iyi sağlıkla ilişkili olabileceği, azalan GS'nin ise olumsuz sağlık etkileriyle bağlantılı olduğu belirtilmiştir. Abomasum deplasmanı, klinik ketozis, subklinik ketozis (SCK) veya aşırı NED olan ineklerde, laktasyonun ilk 10 günlük döneminde günlük olarak geçirilen maksimum GS ve ilk 30 günlük süt üretimi arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Hipokalsemi geçiren inekler günde en fazla 406 dakika geviş getirirken, hipokalsemi geçirmeyen inekler günde 431 dakika geviş getirmiştir (Ospina ve ark., 2013).

Geçmiş çalışmalarda, artan geviş getirme süresinin daha iyi sağlıkla ilişkilendirilebileceği, azalan geviş getirme süresinin ise olumsuz sağlık etkileriyle bağlantılı olabileceği belirtilmiştir. Abomasum deplasmanı, klinik ketozis, subklinik hipokalsemi veya aşırı negatif enerji dengesi olan ineklerde, laktasyonun ilk 10 günlük döneminde günlük olarak geçirilen maksimum geviş getirme süresi ve ilk 30 günlük süt üretimi arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu çalışma ise, süt ineklerinde doğum sonrası dönemde ortaya çıkan ketozis ve hipokalseminin geviş getirme süresi, süt verimi ve serum biyokimyasal parametreler üzerindeki etkilerini belirlemeyi amaçlamaktadır.

Materyal ve Yöntem

Hayvan Materyali

Bu çalışma, Çanakkale'de bulunan özel bir süt sığırcılığı işletmesinde gerçekleştirilmiştir. Veriler, işletmenin robotik sağım sistemine sahip ünitesinde sağılmakta olan hayvanlardan elde edilmiştir. Robotik sağım ünitesinde toplam 16 adet sağım robotu (Astronaut A5 Prestige; Lely International N.V., Maassluis, The Netherlands) bulunmakta olup her bir robot günlük yaklaşık 60 inek sağma kapasitesine sahiptir.

Robotik sağım ünitesindeki tüm inek grupları, besin maddeleri içeriği ve yem maddeleri kompozisyonu bakımından benzer özelliklere sahip tek tip toplam karışık rasyon (Total Mixed Ration; TMR) ile beslenmektedir. Araştırmada kan analizleri sonucunda ketozis tanısı konulan 19 baş, hipokalsemi tanısı konulan 19 baş ve herhangi bir hastalık tanısı konulmayan 20 baş olmak üzere toplam 58 baş Holstein ırkı ineğe ait veriler kullanılmıştır. Bu hayvanlara ait günlük ve haftalık ortalama geviş getirme süreleri ile günlük ve haftalık ortalama süt verimleri değerlendirilmiştir.

Kan Analizleri

Araştırmada ketozis ve hipokalsemi ile ilgili kan analiz sonuçları, işletmenin rutin sağlık takip programı kapsamında işletmeye ait araştırma laboratuvarında gerçekleştirilen analizlerden elde edilmiştir. Kan analizleri için hayvanlardan kan örnekleri aseptik koşullar altında jel ayrım maddeli biyokimya tüplerine alınmıştır. Alınan

kan örnekleri 4000 × g'de 10 dakika süreyle santrifüj edilerek serum fazı ayrılmıştır. Elde edilen serumlar hemoliz yönünden görsel olarak kontrol edilmiştir.

Biyokimyasal analizler Mindray BS-120 otoanalizöründe (Mindray, China) gerçekleştirilmiştir. Serum Ca ve BHBA düzeyleri, DiaSys Diagnostic Systems firmasına ait ticari kitler kullanılarak sırasıyla kolorimetrik ve enzimatik yöntem prensibine dayalı olarak ölçülmüştür. Analizler üretici firma talimatlarına uygun şekilde yürütülmüş, cihaz kalibrasyonu ve iç kalite kontrol uygulamaları her analiz serisi öncesinde gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar cihaz tarafından otomatik olarak hesaplanarak raporlanmıştır.

Hastalık Tanımları ve İzlenen Özellikler

Hipokalsemi ve ketozis, yüksek verimli süt ineklerinde özellikle doğum sonrası dönemde görülen önemli metabolik hastalıklardır. Hipokalsemi çoğunlukla doğumdan sonraki ilk hafta içinde görülürken, ketozis genellikle laktasyonun daha ileri günlerinde ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle araştırmada doğum sonrası erken döneme (ilk hafta) ait veriler değerlendirilmiştir.

İneklerde doğumdan sonraki ilk günlerde GS belirgin şekilde azalmakta ve günlük 300–350 dakika veya daha düşük seviyelere inebilmektedir. Sağlıklı hayvanlarda GS doğumdan sonraki günlerde kademeli olarak artmakta ve yaklaşık bir hafta içinde normal düzeylere ulaşmaktadır. Bu nedenle hayvanların doğum sonrası geviş getirme davranışındaki değişimleri izleyebilmek amacıyla doğumdan sonraki ilk haftaya ait ortalama GS ile laktasyonun 7. gününde ölçülen günlük GS değeri kayıt altına alınmıştır.

İneklerin GS, gönüllü sağım sistemi ile yönetilen Astronaut A5-Prestige model sağım robotlarına entegre SCR sürü yönetim sisteminden elde edilmiştir.

Araştırmada sağım robotu sisteminden elde edilen ve değerlendirilen özellikler şunlardır:

- Günlük geviş getirme süresi (dk)
- Haftalık ortalama geviş getirme süresi (dk)
- Günlük süt verimi (kg)

Ketozis ve hipokalsemi tanısı için kullanılan eşik değerler şu şekilde belirlenmiştir:

BHBA konsantrasyonunun>1.0 mmol/L olması ketozis vakası olarak, serum Ca düzeyinin <8.3 mg/dL olması ise hipokalsemi vakası olarak kabul edilmiştir.

Verilerin Değerlendirilmesi

Gruplar arasındaki farkların belirlenmesi amacıyla tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış ve çoklu karşılaştırmalar için Tukey testi kullanılmıştır (Minitab, 2019). İstatistiksel değerlendirmelerde önemlilik düzeyi $p<0.05$ olarak kabul edilmiştir. Veri analizinde kullanılan matematiksel modele grup ve laktasyon sayısı etkileri dâhil edilmiştir. Grup × laktasyon sayısı interaksiyonu başlangıçta modele dahil edilmiş ancak istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığı için nihai modelden çıkarılmıştır.

$Yijk = \mu + ai + bj + eijk$

Burada,

Yijk: Bir ineğin geviş getirme süresi (dk) ve süt verimi (kg)

μ: Populasyonun beklenen ortalaması

ai: i. Grubun etkisi (normal, ketozis, hipokalsemi)

bj: j. Laktasyon sayısının etkisi (1, 2, 3+)

eijk: Ortalaması 0, varyansı σ_e^2 olan, normal dağılım gösteren şansa bağlı hata etkisi.

Ayrıca bu iki metabolik hastalığın mevsime göre değişimi Khi-Kare testiyle analiz edilmiştir (Minitab, 2019).

Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada SCK ve SCH'nin ineklerde GS, SV ve serum biyokimyasal parametreler üzerine etkileri birlikte değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, metabolik hastalıkların özellikle enerji ve mineral metabolizması üzerinde belirgin değişiklikler oluşturduğunu, ancak kısa dönem ruminasyon davranışı ve SV üzerine etkilerinin sınırlı olduğunu göstermiştir. Ketozis ve hipokalseminin GS ve SV üzerine etkileri Çizelge 1'de sunulmuştur. Hastalık grupları arasında günlük geviş getirme süresi (GGS) ve haftalık geviş getirme süresi (HGS) bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir (sırasıyla p=0.466 ve p=0.118). Bununla birlikte hipokalsemi grubunda GGS ortalaması 471.3±28.0 dk, ketozis grubunda 426.7±25.9 dk ve normal grupta 461.0±25.3 dk olarak saptanmıştır. HGS ise sırasıyla 29.17±2.9, 26.35±2.3 ve 28.22±2.6 saat olarak belirlenmiştir. Günlük süt verimi (GSV) bakımından da gruplar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir (p=0.709). Hipokalsemi, ketozis ve normal gruplarda GSV sırasıyla 29.17±2.9 kg, 26.35±2.3 kg ve 28.22±2.6 kg olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar metabolik hastalıkların kısa dönem SV ve ruminasyon davranışı üzerine etkisinin sınırlı olabileceğini göstermektedir (Hoffmann ve ark., 2024; Grant ve Dann 2015).

Laktasyon sayısının etkisi incelendiğinde GS üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür (GGS p=0.748; HGS p=0.552). Buna karşın GSV üzerinde laktasyon sayısının istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi belirlenmiştir (p=0.003). Birinci laktasyondaki ineklerde GSV 23.29±2.3 kg ile en düşük düzeyde bulunurken, ikinci laktasyonda 25.31±3.7 kg ve üçüncü ve üzeri laktasyonlarda 35.13±2.1 kg olarak belirlenmiştir. Bu durum, laktasyon sayısı arttıkça süt üretim kapasitesinin de artmasıyla ilişkilendirilebilir.

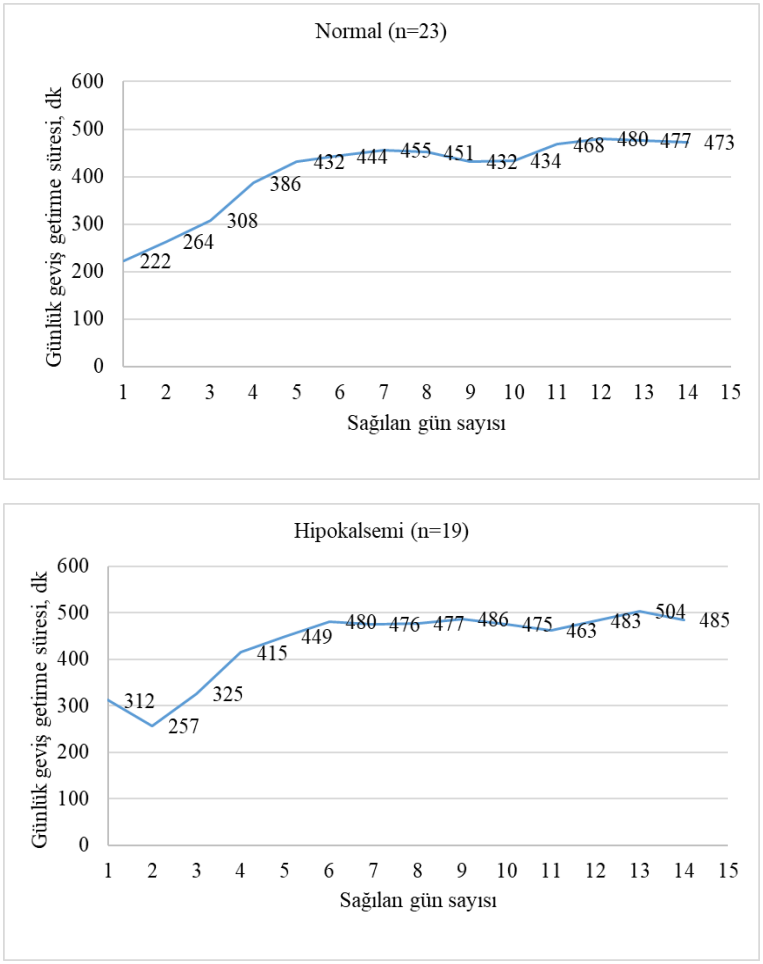
Çizelge 1. Ketozis ve hipokalseminin geviş getirme süresi ve süt verimi üzerine etkisi

Faktör	**n**	**GGS (X̄±SEM)**	**p**	**HGS (X̄±SEM)**	**p**	**GSV (X̄±SEM)**	**p**
Grup			0.466		0.118		0.709
Hipokalsemi	19	471.3±28.0		29.17±2.9		29.17±2.9	
Ketozis	19	426.7±25.9		26.35±2.3		26.35±2.3	
Normal	20	461.0±25.3		28.22±2.6		28.22±2.6	
Laktasyon Sayısı			0.748		0.552		0.003
1	13	434.9±31.3		23.29±2.3		23.29±2.3^{b}	
2	19	462.6±26.4		25.31±3.7		25.31±3.7^{ab}	
3+	26	461.5±22.7		35.13±2.1		35.13±2.1^{a}	

GGS: günlük geviş getirme süresi, dk; HGS: haftalık geviş getirme süresi, saat; GSV: günlük süt verimi, kg; SEM: standart hata

Doğum sonrası ilk iki haftada GS'ndeki değişimler Şekil 1'de gösterilmiştir. Normal gruptaki ineklerde GS'nin zamanla artarak stabil bir düzeye ulaştığı görülmüştür. Ketozis grubunda ruminasyon süresinin normal gruba göre daha düşük seyrettiği, hipokalsemi grubunda ise özellikle doğumdan sonraki ilk günlerde daha belirgin bir azalma olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte yapılan istatistiksel analizler sonucunda gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Bu durum metabolik hastalıkların ruminasyon davranışı üzerinde geçici değişiklikler oluşturabileceğini (Drackley, 1999; Sordillo ve Raphael, 2013) ancak kısa süreli gözlem döneminde bu farklılıkların belirgin hale gelmeyebileceğini düşündürmektedir (Andersson, 1988; Antanaitis ve ark., 2019).

Hastalıkların mevsimsel dağılımı Çizelge 2'de sunulmuştur. Yapılan Ki-kare (χ^2) analizi sonucunda ketozis ve hipokalsemi vakalarının mevsimlere göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılık gösterdiği belirlenmiştir ($\chi^2=29.61$; $p<0.05$). Hipokalsemi vakalarının tamamının yaz mevsiminde görülmesi dikkat çekici bir bulgu olarak ortaya çıkmıştır. Buna karşın ketozis vakalarının büyük çoğunluğu ilkbahar mevsiminde görülmüştür (%61.9). Bu durum, çevresel sıcaklık, yem tüketimi ve metabolik stres gibi faktörlerin metabolik hastalıkların ortaya çıkmasında etkili olabileceğini göstermektedir (Mulligan ve Doherty, 2008; Oetzel, 2014).



Şekil 1. *Normal, ketozis ve hipokalsemi gruplarındaki ineklerin doğum sonrası ilk iki hafta boyunca günlük ortalama geviş getirme sürelerindeki değişim (dk/gün).*

Çizelge 2. Ketozis ve hipokalseminin mevsimsel değişimi

Mevsim	**Hipokalsemi (n)**	**%**	**Ketozis (n)**	**%**
İlkbahar	0	0	13	61.9
Kış	0	0	5	23.8
Yaz	19	100	3	14.3
Toplam	19		21	

$p<0.05$, $\chi^2=29.61$

Laktasyon sayısına göre yapılan değerlendirme sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir. Yapılan Ki-kare (χ^2) analizi, hastalıkların görülme sıklığının laktasyon sayısına göre anlamlı düzeyde farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur ($\chi^2=6.495$; $p<0.05$). Hipokalsemi vakalarının büyük çoğunluğu üçüncü ve üzeri laktasyondaki ineklerde görülmüştür (%68.4). Bu durum ileri yaştaki ineklerde Ca homeostazisinin düzenlenmesinde rol oynayan fizyolojik mekanizmaların etkinliğinin azalması ile açıklanabilir. Literatürde yaşlı ineklerde kemiklerden Ca mobilizasyonunun daha düşük etkinlikle gerçekleştiği ve hormonal yanıtların zayıfladığı bildirilmektedir (Goff, 2008; Venjakob ve ark., 2017; Zhang ve ark., 2020). Ketozis vakalarının en yüksek oranda ikinci laktasyondaki ineklerde görülmesi, erken laktasyon dönemindeki yüksek enerji gereksinimi ve negatif enerji dengesi ile ilişkilendirilebilir. Ayrıca, ileri laktasyon sayısına sahip ve belirli mevsimlerdeki ineklerin metabolik hastalıklara yakalanma riskinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir (Reinhardt ve ark., 2011; Caixeta ve ark., 2017).

Çizelge 3. Ketozis ve hipokalseminin laktasyon sayısına göre değişimi

Laktasyon Sayısı	**Hipokalsemi (n)**	**%**	**Ketozis (n)**	**%**
1	3	15.8	6	28.6
2	3	15.8	9	42.9
3+	13	68.4	6	28.6
Toplam	19		21	

$p<0.05$, $\chi^2=6.495$

Serum biyokimyasal parametreleri değerlendirildiğinde önemli metabolik farklılıklar ortaya çıkmıştır (Çizelge 4). Hipokalsemi grubunda serum Ca düzeyi (7.4±0.04 mg/dL) ketozis ve normal gruplara kıyasla anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($p<0.001$). Bu sonuç SCH literatürde bildirilen referans aralıklarının altında seyreden Ca düzeyleri ile karakterize olduğunu doğrulamaktadır (DeGaris ve Lean, 2008; Goff, 2008; Reinhardt ve ark., 2011). Hipokalsemi grubunda fosfor düzeylerinin de düşük bulunması mineral metabolizmasının birlikte etkilendiğini göstermektedir (Cai ve ark., 2018).

Enerji metabolizması göstergeleri incelendiğinde ketozis grubunda BHBA düzeylerinin belirgin şekilde yüksek olduğu görülmüştür (1.5±0.04 mmol/L; $p<0.001$). Bu durum NED sonucu artan keton cisimciklerini yansıtmaktadır (Grummer, 1995; Li ve ark., 2016). NEFA düzeylerinin hipokalsemi grubunda daha yüksek bulunması ise artan yağ mobilizasyonunu göstermektedir. Protein metabolizması açısından değerlendirildiğinde albümin düzeylerinin hasta gruplarda daha düşük olduğu belirlenmiştir ($p<0.001$). Bu durum metabolik stres ve

karaciğer fonksiyonlarındaki değişimlerle ilişkilendirilebilir (Bradford ve ark., 2015). Karaciğer enzimlerinden ALP, GGT ve ALT aktivitelerinde görülen farklılıklar da metabolik adaptasyon süreçlerini işaret etmektedir (Seifi ve ark., 2007; Ha ve ark., 2022).

Çizelge 4. Hipokalsemi, ketozis ve normal ineklerde serum biyokimyasal parametrelerinin karşılaştırılması

Parametre	**Hipokalsemi (Ort±SEM)**	**Ketozis (Ort±SEM)**	**Normal (Ort±SEM)**	**p**
Ca	7.4 ± 0.04^{b}	9.6 ± 0.11^{a}	9.5 ± 0.03^{a}	0.000
P	5.7 ± 0.11^{b}	7.9 ± 1.31^{ab}	6.7 ± 0.12^{a}	0.000
BHBA	0.3 ± 0.03^{c}	1.5 ± 0.04^{a}	0.4 ± 0.01^{b}	0.000
NEFA	0.5 ± 0.06^{a}	0.4 ± 0.16^{ab}	0.2 ± 0.01^{b}	0.000
Üre	25.5 ± 1.20^{b}	29.8 ± 1.87^{ab}	29.3 ± 0.26^{a}	0.009
Albümin	2.5 ± 0.15^{b}	2.7 ± 0.18^{b}	3.3 ± 0.02^{a}	0.000
ALP	19.5 ± 8.15^{b}	35.7 ± 13.31^{ab}	45.5 ± 3.56^{a}	0.018
GGT	26.2 ± 4.00^{a}	17.7 ± 6.54^{ab}	15.3 ± 1.75^{b}	0.052
ALT	22.2 ± 3.34^{a}	12.3 ± 5.46^{b}	12.5 ± 1.46^{ab}	0.034

Ca: kalsiyum, P: fosfor, BHBA: beta hidroksibütirat, NEFA: esterleşmemiş yağ asidi, ALP: alkalin fosfataz, GGT: gama glutamil transferaz, ALT: alanin aminotransferaz.

Sonuç

Sonuç olarak, elde edilen bulgular subklinik ketozis ve hipokalseminin özellikle enerji ve mineral metabolizması üzerinde önemli etkiler oluşturduğunu, ancak kısa dönem ruminasyon süresi ve süt verimi üzerinde daha sınırlı etkiler gösterebildiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte mevsimsel faktörler ve laktasyon sayısının metabolik hastalıkların görülme sıklığı üzerinde önemli rol oynayabileceği görülmüştür. Bu nedenle erken laktasyon döneminde metabolik parametrelerin düzenli olarak izlenmesi, metabolik hastalıkların erken tanısı ve sürü yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır.

Teşekkür

Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Bu makaleyi hazırlayan yazarlar çalışmaya ortak katkı sağlamıştır ve yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

Andersson, L. 1988. Subclinical ketosis in dairy cows. Veterinary clinics of north America. *Food Animal Practice,* 4:233–251.

Antanaitis, R., Juozaitienė, V., Malašauskienė, D. and Televičius, M. 2019. Can rumination time and some blood biochemical parameters be used as biomarkers for the diagnosis of subclinical acidosis and subclinical ketosis? *Veterinary and Animal Science*, 8:100077.

Beauchemin, K.A. 2018. Invited review: Current perspectives on eating and rumination activity in dairy cows. *Journal of Dairy Science,* 101:4762–4784.

Berean, D.I., Bogdan, L.M. and Cimpean, R. 2025. Subclinical hypocalcemia in dairy cows: reproductive and economic impacts on Eastern European farms. *Frontiers in Veterinary Science,* 12:1596239.

Bodin, F.2024. Importance and consequences of subclinical hypocalcemia in dairy cows during peri-partum: example of a veterinary practice in the french departement of the Vosges. Unpublished Ph. D. dissertation https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04813864v1 (Erişim Tarihi: 10.03.2026)

Bradford B.J., Yuan, K., Farney, J.K., Mamedova, L.K. and Carpenter, A.J. 2015. Invited review: Inflammation during the transition to lactation: New adventures with an old flame. *Journal of Dairy Science,* 98:6631–6650.

Bruno, R.G.S. 2010. Nutrition and Reproduction in Modern Dairy Cows. *Mid-South Ruminant Nutrition Conference,* 51–56. Arlington, Texas.

Cai, C., Kong, Y., Wu, D. and Wang, J. 2018. Changes of macrominerals and calcitropic hormones in serum of periparturient dairy cows subject to subclinical hypocalcemia. *Journal of Dairy Research*, 85:12–15.

Caixeta, L.S., Ospina, P.A., Capel, M.B. and Nydam, D.V. 2017. Association between subclinical hypocalcemia in the first 3 days of lactation and reproductive performance of dairy cows. *Theriogenology*, 94:1–7.

DeGaris, P.J. and Lean, I.J. 2008. Milk fever in dairy cows: A review of pathophysiology and control principles. *The Veterinary Journal*, 176:58–69.

DeVries, T.J. 2016. Something to Ruminate on...Why We Should Watch Cows Chew. *WCDS Advances in Dairy Technology,* 28: 99–108.

Drackley, J.K. 1999. Biology of dairy cows during the transition period: The final frontier? *Journal of Dairy Science,* 82:2259–2273.

Goff, J.P., Hohman, A. and Timms, L.L. 2019. Effect of subclinical and clinical hypocalcemia and dietary cation-anion difference on rumination activity in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science,* 103:2591–2601.

Goff, J.P., Liesegang A. and Horst, R.L. 2013. Diet-induced pseudohypoparathyroidism: A hypocalcemia and milk fever risk factor. *Journal of Dairy Science,* 97:1520–1528.

Goff, J.P. 2008. Themonitoring, prevention, and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows. Vet J. 176:50–7.

Grant, R.J. and Dann, H.M. 2015. Biological importance of rumination and its use on-farm. New York, NY, USA: Agricultural Research Institue Chazy; 2015. https://ecommons.cornell.edu/server/api/core/bitstreams/a2a6e5fa-1133-4884-a0b8-f266d25190d8/content (Erişim Tarihi: 10.03.2026)

Grummer, R.R. 1995. Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *Journal of Animal Science*, 73:2820–2833.

Ha, S., Kang, S., Han, M., Lee, J., Chung, H., Oh, S. I. and Park, J. 2022. Predicting ketosis during the transition period in Holstein Friesian cows using hematological and serum biochemical parameters on the calving date. *Scientific Reports*, 12:853.

Hoffmann, G., Strutzke, S., Fiske, D., Heinicke, J. and Mylostyvyi, R. 2024. A New Approach to Recording Rumination Behavior in Dairy Cows. *Sensors,* 24:5521.

Kavibharathy, S., Sunandhadevi, S., Enbavelan, P.A. and Venkatesakumar, E. 2025. Bovine ketosis: A comprehensive review on pathophysiology, diagnosis, monitoring strategies, therapeutics, and prevention in dairy cattle. *International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry,* 2025; 8:72–82.

Li, Y., Ding, H., Wang, X., Liu, L., Huang, D., Zhang, R. and Li, X. 2016. High levels of acetoacetate and glucose increase expression of cytokines in bovine hepatocytes, through activation of the NF-κB signalling pathway. *Journal of Dairy Research*, 83, 51–57.

Mann, S. and McArt, J.A. 2023. Hyperketonemia: A marker of disease, a sign of a high-producing dairy cow, or both?. Veterinary Clinics of North America. *Food Animal Practice*, 39(2):307–324.

McArt, J.A.A., Nydam, D.V. and Overton, M.W. 2015. Hyperketonemia in early lactation dairy cattle: A deterministic estimate of component and total cost per case. *Journal of Dairy Science,* 98:2043–2054.

Minitab. 2019. Minitab® 19 Statistical Software. Minitab Inc, USA.

Mulligan, F.J. and Doherty, M.L. 2008. Production diseases of the transition cow. *Veterinary Journal,* 176:3–9.

Oetzel, G.R. 2014. Undertaking nutritional diagnostic investigations. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice,* 30:765–788.

Oetzel, G.R. 2024. Parturient Paresis in Cows – Metabolic Disorders. Merck Veterinary Manual [en ligne]. 2024. [Consulté le 22 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.merckvetmanual.com/metabolic-disorders/disorders-of-calcium-metabolism/parturient-paresis-in-cows

Ospina, P.A., Nydam, D.V. and Caixeta, L.S. 2013. Evaluation of the respective relationships between rumination time within the first 10 days in milk and periparturient diseases, subclinical hypocalcemia, negative energy balance, and milk production in dairy cows. THE AABP PROCEEDINGS-VOL. 46. p:194-195

Ramberg Jr, C.F., Johnson, E.K., Fargo, R.D. and Kronfeld, D.S. 1984. Calcium homeostasis in cows, with special reference to parturient hypocalcemia. *American Journal of Physiology,* 246:R698–704.

Reinhardt, T.A., Lippolis, J.D., McCluskey, B.J., Goff, J.P. and Horst, R.L. 2011. Prevalence of subclinical hypocalcemia in dairy herds. *Veterinary Journal,* 188:122–124.

Sadiq, M.B., Zaini, S.S., Mossadeq, W.M.S., Ramanoon, S.Z. and Hussain, S.S.S. 2024. Lying and rumination time as predictors of subclinical ketosis, metritis, and hypocalcaemia in dairy cows during the periparturient period: A systematic review and meta-analysis. *Applied Animal Behaviour Science*, 278:106358.

Saradhi, K.P., Sandilya, A., Sravya, R.N.S. and Vijayalakshmi, P. 2024. Ketosis in dairy cattle: A comprehensive review. *International Journal of Advanced Biochemistry Research,* 12:1008–1015.

Seifi, H.A., Gorji-Dooz, M., Mohri, M., Dalir-Naghadeh, B. and Farzaneh, N. 2007. Variations of energy-related biochemical metabolites during transition period in dairy cows. *Comparative Clinical Pathology*, 16:253–258.

Sordillo, L.M. and Raphael, W. 2013.Significance of metabolic stress, lipid mobilization, and inflammation on transition cow disorders. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice,* 29:267–278.

Suthar, V.S., Canelas-Raposo, J., Deniz, A. and Heuwieser, W. 2013. Prevalence of subclinical ketosis and relationships with postpartum diseases in European dairy cows. *Journal of Dairy Science,* 96:2925–2938.

Venjakob, P.L., Borchardt, S. and Heuwieser, W. 2017. Hypocalcemia-Cow-level prevalence and preventive strategies in German dairy herds. *Journal of Dairy Science,* 100:9258–9266.

Welch, J.G., Smith, A.M. and Gibson, K.S. 1970. Rumination time in four breeds of dairy cattle. *Journal of Dairy Science,* 53(1):89–91.

Zhang, F., Nan, X., Wang, H., Guo, Y. and Xiong, B. 2020. Research on the applications of calcium propionate in dairy cows: a review. *Animals,* 10(8):1336.