

Sütçü Sığırlarda Laktasyon Persistensini Etkileyen Faktörler

Serdar GÜLER

Ali AKMAZ

Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Zootehni Anabilim Dalı, Konya
vetheserdar@hotmail.com

Öz

Laktasyon persistensi sütçü sığırlarda pik verime ulaşıldıktan sonra süt veriminin sürdürülebilirlik düzeyidir. Süt verimi, laktasyon eğrisi ve eğriye ilişkin temel parametreler [laktasyonun başlangıç süt verimi (a), yükselen eğrinin katsayısı (b), pik süt verimi (Y_{max}), pik verime ulaşma süresi (T_{max}), pik verim sonrası iniş eğrisi katsayısı (c)] seleksiyonda ölçüt olarak kullanılabilir. Denetim günü süt verimi kayıtları ile laktasyon eğrisinin şekli ve laktasyon persistensi tahmin edilerek erken dönemde isabetli bir seleksiyon yapılabilir. Persistensi yüksek olan inekler, daha az konsantre yemle aynı miktarda süt verdikleri, metabolik ve enfeksiyöz hastalıklara karşı daha dirençli oldukları için daha ekonomiktirler. Süt veriminde olduğu gibi laktasyon persistensi de genetik ve çevresel faktörlerden etkilenmektedir. Additif genetik varyansın ve sağım sıklığının artırılması (özellikle robotik sağım ile erken laktasyonda), servis periyodunun uzatılması ve genetik potansiyeli yüksek sığırların (tek nükleotid polimorfizmi) damızlıkta kullanılması ile laktasyon persistensinin artırılacağı söylenebilir. Persistensin yükseltilmesi ile daha sağlıklı ve ekonomik bir yetiştiricilik yapılabilir. Bu derlemede, sütçü sığırların laktasyon persistensini etkileyen genetik ve çevresel faktörler hakkında kapsamlı bilgi vermek amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Laktasyon persistensi, laktasyon eğrisi, robotik sağım, sütçü sığır

Factors Affecting Lactation Persistency in Dairy Cows

Abstract

Lactation persistency is the level of sustainability of milk yield after reaching peak milk yield in dairy cows. Milk yield, lactation curve and basic parameters related to lactation curve [initial milk yield (a), increasing slope coefficient (b), peak milk yield (Y_{max}), time to reach peak yield (T_{max}) and decreasing slope coefficient (c)] can be used as criteria for selection. The prediction of the shape of the lactation curve and lactation persistency, with test day milk yield records, provides the possibility of accurate selection in the early periods. Cows with high persistency are more economical because of produce the same amount of milk with less concentrated feed, are more resistant to metabolic and infectious diseases. As in milk yield, lactation persistency is affected by many genetic and environmental factors. It can be said that lactation persistency can be increased by increasing additive genetic variance and milking frequency (especially with robotic milking in early lactation), prolonging the service period and using cattle with high genetic potential (single nucleotide polymorphism) in breeding. By raising the persistency, a healthier and economic animal breeding can be made. In this review, it is aimed to give comprehensive information about genetic and environmental factors affecting lactation persistency in dairy cows.

Keywords: Lactation persistency, lactation curve, robotic milking, dairy cow

1. Giriş

Buzağılama ile immunglobulin içeriği yüksek, proteince zengin, koyu kıvamlı olan kolostrum yerini birkaç gün içerisinde normal kıvamlı süte bırakmaktadır. Süt eğrisi süt verimi boyunca üç bölüme ayrılabilir. Birinci bölüm, buzağılama ile pik süt verimi arasındaki artan bölümdür. İkincisi, kısmen sabit ve pik verim düzeyinde seyreden bölümdür; üçüncü bölüm ise pik verim ile kuruya ayırma arasındaki azalarak devam eden bölümdür. Laktasyon eğrisinin şeklini tanımlayan bir ölçüt olan laktasyon devamlılık indeksi ya da diğer adıyla laktasyon persistensi, en yüksek süt verimine ulaşıldıktan sonra

süt veriminde görülen azalışın oranı veya pik verimin sürdürülme düzeyini ifade etmektedir. Pik verim sonrası yüksek süt veriminin sürdürülmesi, süt endüstrisi açısından önemlidir (Do ve ark., 2019). Laktasyon eğrisinin şeklinin bilinmesi sürü yönetimine ait daha kolay kararlar alınmasını sağlar (Piccardi ve ark., 2017). Daha düz laktasyon eğrisi olan inekler daha düşük metabolik ve reproduktif hastalık sıklığına sahiptir. İneklerde yüksek laktasyon persistensi bir sağlık ölçüsü olarak kabul edilir ve daha yüksek laktasyon persistensine sahip inekler daha sağlıklıdır (Mohanty ve ark., 2017). Laktasyon persistensi yüksek olan inekler laktasyonun başında beklenenden daha az, sonunda ise beklenenden daha fazla süt verme eğilimindedirler (Cole ve VanRaden, 2006). 5500 kg süt üretimi için, laktasyon persistensi yüksek olan inekler düşük persistensli ineklere göre 69 ile 161 kg arasında daha az konsantre yem tüketmişlerdir (Solkner ve Fuchs, 1987). Daha az yem maliyeti ve daha sağlıklı bir hayvancılık için yüksek laktasyon persistensi arzu edilir (Pulina ve ark., 2007).

Persistens değeri 1900'lü yılların başından beri çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilen matematiksel modellerle hesaplanmaktadır. Laktasyon eğrisi oluşturmaya yönelik ilk çalışmanın Broody ve ark. (1923) tarafından yapıldığı bilinmektedir. Günümüze kadar birçok model geliştirilmiş olmasına rağmen en çok kullanılan modeller Johansson ve Hansson (1940) tarafından geliştirilen, laktasyon süt verimlerini yüzer günlük dilimler halinde oranlayan $P_{2:1}$, $P_{3:1}$ ve $P_{3:2}$ metotları ile tüm laktasyonu kapsayan bir gama fonksiyonu ($Y_t = a \cdot t^b \cdot e^{-ct}$) olan Wood modelidir (Wood, 1967).

Sütçü ineklerde laktasyon persistensinin iyileştirilmesi hayvan sağlığı, doğurganlığı ve sürü verimi üzerinde önemli derecede yararlı etkilere sahiptir. İnekler pik süt verimi boyunca negatif enerji dengesi ve diğer sağlık problemleriyle karşılaşmadıklarından laktasyon persistensinin iyileştirilmesi ile genel süt verimi artırılabilir (Do ve ark., 2017). Sağım sıklığının artırılması ve ineklerin gruplandırılarak yemlenmesi, laktasyon persistensini artırmak için faydalı olabilir (Sehested ve ark., 2019). Uygun sürü yönetim stratejisine yön vermek için laktasyon süt verimi, laktasyon eğrisi parametreleri ve laktasyon persistensine etki eden faktörlerin bilinmesi gerekmektedir. Bu derlemede, sütçü sığırların laktasyon persistensini etkileyen genetik ve çevresel faktörler hakkında kapsamlı bilgi vermek amaçlanmıştır.

2. Laktasyon Persistensini Etkileyen Faktörler

Süt verimini etkileyen faktörlerde olduğu gibi laktasyon persistensini etkileyen faktörler de genetik ve çevresel faktörler olmak üzere ikiye ayrılabilir.

2.1. Genetik Faktörler

Genotipe bağlı olarak laktasyon süt verimi ve verime ait bileşenler değişebileceği gibi laktasyon eğrisi ve dolayısıyla persistens de olumlu ya da olumsuz şekillerde değişime uğrayabilmektedir. Batra (1986) laktasyon eğrisi parametrelerinin kalıtsal yapı tarafından kontrol edildiğini, istenen şekle sahip laktasyon eğrisinin elde edilmesinde genetik varyasyonunun artırılması gerektiğini ifade etmiştir.

2.1.1. Irk-Heterozis

Süt veriminde olduğu gibi ırklara ve heterozis etkisine bağlı olarak laktasyon persistensi de farklılık göstermektedir (Daltro ve ark., 2019). Ayrshire, Siyah Alaca ve Jersey ırkı inekler için persistens sıralaması büyükten küçüğe Ayrshire, Jersey, Siyah Alaca şeklinde bulunmuştur (Wasike ve ark., 2014). Wood (1980) Siyah Alaca, Guernsey, Jersey, Ayrshire ve Shorthorn ırkı sığırlarda laktasyon persistensi arasındaki farklılığı önemli ($P < 0.001$) bulmuştur.

Saf ırklarda olduğu gibi melez ırkların laktasyon persistenslerinin karşılaştırıldığı çalışmalar da mevcuttur. Kanada ve Amerika kökenli Siyah Alaca boğalarla Danimarka Kırmızı Sığırları, Siyah Alacaları ve Jersey sığırlarının tohumlanması ile elde edilen melez ineklerin laktasyon persistensleri arasında önemli farklılık ($P<0.01$) bulunmuştur (Madsen, 1975). Siyah Alaca, %50 Siyah Alaca – %50 Gir, %75 Siyah Alaca x %25 Gir, %62.5 Siyah Alaca x %37.5 Gir ve Jersey sığırlarında laktasyon persistensi açısından önemli derecede ($P<0.05$) fark bulunmuştur (Madalena ve ark., 1979). Siyah Alaca-yerli ırk melezi ineklerde, melezlik oranı (%25, %37.5, %50 ve %62.5) ile laktasyon persistensi arasında önemli farklılık ($P<0.05$) olduğu bildirilmiştir (Fadlemoula ve ark., 2007). Siyah alaca ve dört farklı yerli ırkın melezleri ile yapılan bir çalışmada laktasyon persistensleri büyükten küçüğe Siyah Alaca-Guzerat > Siyah Alaca-Zebu > Siyah Alaca-Gir > Siyah Alaca-Nellore şeklinde bulunmuştur. Ancak saf ırklarla Siyah Alaca ırkının melezlenmesi sonucu oluşan ineklerin laktasyon persistensi değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık bulunmamıştır (da Gloria ve ark., 2012). Yine başka bir çalışmada ırkın laktasyon persistensi üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur (Sharma ve ark., 2018). Üretim, üreme performansı ve laktasyon persistensinin aynı anda iyileştirilmesi için yapılacak seleksiyonda genotip-çevre interaksiyonunun göz önünde bulundurulması gereklidir (Togashi ve ark., 2016).

2.1.2. Boğa etkisi

Yetiştirmede kullanılan boğaların kızları arasında laktasyon persistensi açısından farklılık gözlenmektedir. Laktasyon persistensi üzerine boğa etkisini Batra (1986); Fadlemoula ve ark. (2007) ($P<0.05$); Madsen (1975) ile Sharma ve ark. (2018) ($P<0.01$) önemli bulmuşlardır.

2.1.3. BTA (*Bos taurus* autosome-Sığır otozomal kromozomu) ve SNP (Tek nükleotid polimorfizmi)

Laktasyon persistensi ile ilgili çalışmalar son yıllarda daha çok genetik konularda olmuştur. Nayeri ve ark. (2017) BTA6, BTA13, BTA20 ve BTA27’de 83; Do ve ark. (2017) ise BTA2, BTA5, BTA9, BTA14, BTA19 ve BTA20’de 8 farklı tek nükleotid polimorfizmi tanımlamışlardır. Laktasyon persistensi üzerine en etkili polimorfizmin BTA20 üzerinde ve 31-32 mega baz aralığında bulunduğu belirlenmiştir (Nayeri ve ark., 2017). Do ve ark. (2017) laktasyon persistensi üzerine en etkili nükleotid polimorfizmini, BTA5’te yer alan ARS-BFGL-NGS-2399 olarak belirlemişlerdir. Atashi ve ark. (2019) BTA14 üzerinde 1.48-1.68 ve 2.67-2.94 mega baz aralığında laktasyon persistensi ile ilişkili alan tespit etmişlerdir.

Toll benzeri reseptör 4 (TLR4), gram-negatif bakteriyel enfeksiyonlarla ilişkili endotoksinleri tanıyan önemli bir tanıma reseptörüdür. Patojen tanıma, enflamatuvar ve immun yanıtın başlanmasındaki rolü ile sütçü sığırlarda hastalık direncini arttırmak için uygun bir aday genidir. Toll benzeri reseptör 4’te en sık rastlanan haplotip (GCC; %54) laktasyon persistensi ve düşük somatik hücre sayısı ile ilişkili bulunmuştur (Sharma ve ark., 2006).

IL10 (Interleukin10) reseptör beta alt ünitesindeki tek nükleotid polimorfizmleri protein verimi ve laktasyon persistensi üzerinde önemli bir etki göstermektedir. IL10RB503C > T ve IL10-285T > C tek nükleotid polimorfizmlerinin sütçü sığırlarda süt protein verimi, süt verimi ve laktasyon persistensi de dâhil olmak üzere bazı üretim özellikleri için gelecekte genetik çalışmalarda kullanılabileceği belirtilmiştir (Verschoor ve ark., 2011).

Osteopontin (OPN) fosforile edilmiş asidik bir glikoproteindir ve aynı zamanda yangısal süreçler sırasında makrofajlar ve aktive edilmiş T hücreleri tarafından üretilen bir sitokindir. Doku bütünlüğünün korunması veya yeniden yapılandırılması dâhil olmak üzere

birçok fizyolojik ve patolojik olaylarda görev almaktadır (Denhardt ve ark., 2001; Alain ve ark., 2009). Osteopontin proteini, hücre aracılı immüniteyi geliştirmek için bakteriyel enfeksiyon sırasında sığırların meme bezlerinde lokal olarak artar (Denhardt ve ark., 2001; Alain ve ark., 2009). Laktasyon persistensi ile ilişkili dört adet [SPP1c.-1301G>A (rs109637038), SPP1c.-1251C>T (rs109637038), SPP1c.-430G>A (rs108997065) ve SPP1c.*40A>C (rs132812135)] nükleotid polimorfizmi tespit edilmiştir (Alain ve ark., 2009). Bunlardan SPP1c.-1301G>A (rs109637038)'in laktasyon persistensi üzerine etkisi önemli ($P < 0.001$) bulunmuştur (Bissonnette, 2018).

ADRM1 (Adhesion Regulating Molecule 1)'de rs43770847, rs208794152 ve rs208332214; C5orf34 (chromosome 5 open reading frame 34)'te rs209443540; DDX11 (DEAD/H-Box helicase 11)'de rs378943586 ve GHR (Growth Hormone Receptor)'de rs385640152 olmak üzere 6 adet tek nükleotid polimorfizminin laktasyon persistensi üzerine additif etkileri önemli ve bunlardan dördünün (rs43770847, rs208794152, rs208332214 ve rs209443540) daha baskın olduğu belirlenmiştir (Bissonnette, 2018; Do ve ark., 2019).

2.1.4. Kalıtım derecesi, genotipik ve fenotipik korelasyonlar

Laktasyon persistensine ait kalıtım derecesini; Albarrán-Portillo ve Pollott (2013) ile Haile-Mariam ve ark. (2003) 0.10; Wasike ve ark. (2014) 0.171; Muir ve ark. (2004) 0.18; Grayaa ve ark. (2019) 0.21; Nayeri ve ark. (2017) 0.36; Amin ve ark. (2019) 0.39 olarak bulmuşlardır. Cole ve Null (2009) Ayrshire, İsviçre Esmeri, Guernsey, Jersey ve Sütçü Şorthorn ırkı sığırlar için laktasyon persistensinin kalıtım derecesini sırasıyla 0.15, 0.10, 0.18, 0.13 ve 0.09; tekrarlamaya derecelerini ise 0.26, 0.19, 0.28, 0.27 ve 0.26 olarak bulmuşlardır. Laktasyon persistensinin tekrarlamaya derecesini ise Tekerli ve ark. (2000) 0.182; Wood (1970) 0.18; Wasike ve ark. (2014) 0.248 olarak bulmuşlardır. Yapılan çalışmalarda laktasyon persistensinin kalıtım derecesinin düşük oranda olması, persistensin yükseltilmesi için çevresel faktörlerin iyileştirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Laktasyon persistensi ile başlangıç süt verimi (a) arasında yüksek negatif (-0.455), pik verime ulaşma katsayısı (b) ile yüksek pozitif (0.465) korelasyon bulunurken, pik verim sonrası eğrinin azalışını açıklayan katsayı (c) ile de pozitif (0.231) ancak önemsiz korelasyon olduğu belirtilmiştir (Kaygısız ve ark., 2003).

Laktasyon başlangıç süt verimi ile laktasyon persistensi arasındaki fenotipik korelasyonu Farhangfar ve Rowlinson (2007) -0.27; Boujenane ve Hilal (2012) -0.32; Atashi ve ark. (2012) -0.78; Tekerli ve ark. (2000) -0.693; Guler ve Yanar (2009) -0.694 olarak bulmuşlardır. Yapılan araştırma sonuçlarında negatif korelasyonlara bakılarak başlangıç süt verimi düşük olan ineklerde laktasyon persistensinin daha yüksek olacağı söylenebilir.

Laktasyon persistensi ile pik verime ulaşma süresi (T_{max}) arasında Atashi ve ark. (2012) 0.84; Muir ve ark. (2004) 0.36; Rekik ve ark. (2003) 0.33; Tekerli ve ark. (2000) 0.801; Guler ve Yanar (2009) 0.843; Boujenane ve Hilal (2012) 0.77; Farhangfar ve Rowlinson (2007) 0.58; Wasike ve ark. (2014) 0.747; Albarrán-Portillo ve Pollott (2011) 0.64 fenotipik; Muir ve ark. (2004) 0.54; Boujenane ve Hilal (2012) 0.81 genetik korelasyon bulmuşlardır. Yüksek korelasyonlar, pik verime ulaşma süresi uzun olan ineklerde laktasyon persistensinin daha yüksek olacağını göstermektedir.

Pik süt verimi (Y_{max}) ile laktasyon persistensi arasında Rekik ve ark. (2003) -0.23; Farhangfar ve Rowlinson (2007) -0.11; Boujenane ve Hilal (2012) -0.19 fenotipik korelasyon bulmuşlardır. Negatif korelasyonlar nedeniyle pik süt verimi yüksek olan ineklerin laktasyon persistensleri uygulanan sürü yönetimine de bağlı olarak daha düşük olmaktadır.

305 günlük süt verimi ile laktasyon persistensi arasında 0.53 genetik, 0.23 fenotipik korelasyon bulunmuştur (Farhangfar ve Rowlinson, 2007). Laktasyon persistensi ile buzağılama aralığı ve 1. tohumlamadan 2. tohumlamaya kadar geçen süre arasındaki genetik korelasyonlar sırasıyla 0.25 ve 0.22 olarak bulunmuştur (Elgersma ve ark., 2018). Meme hücrelerindeki azalış ile laktasyon persistensi arasında 0.39 fenotipik korelasyon bulunmaktadır (Albarrán-Portillo ve Pollott, 2011).

2.2. Çevresel Faktörler

Kalıtım derecesinin düşük olması (Rekaya ve ark., 2001) nedeniyle çevre faktörleri laktasyon persistensi üzerinde daha fazla etkilidir. Persistensin yükseltilmesi için çevre faktörleri üzerinde çalışılmalıdır.

2.2.1. Laktasyon sayısı

Laktasyon sayısının süt veriminin devamlılık düzeyine etkisi birçok çalışmada araştırılmış ve sonuçlar birbirine yakın bulunmuştur. Yapılan çalışmalarda laktasyon persistensinin birinci laktasyonda en yüksek düzeyde olduğu belirtilmiştir (Mahadevan, 1951; Wood, 1968; Wood, 1970; Congleton ve Everett, 1980; Schneeberger, 1981; Tekerli ve ark., 2000; Kaya ve Kaya, 2003; Fadlemoula ve ark., 2007; Albarrán-Portillo ve Pollott, 2011; Boujenane ve Hilal, 2012; Yilmaz ve Koc, 2013; Bahashwan ve Alfadli, 2014; Bangar ve Verma, 2017; Ribeiro ve ark., 2017; Zurwan ve ark., 2017). İlk doğumunu yapan düvelerin laktasyon persistensi birden fazla doğum yapanlara oranla daha yüksektir (Kaygısız ve ark., 2003) ve 5. laktasyona kadar kademeli olarak düşüşe uğramaktadır (Mandal ve ark., 2018). Yapılan bir tez çalışmasında laktasyon persistensinin birinci laktasyonda en yüksek olduğu ancak ilk dört laktasyon için istatistiki olarak farklılık bulunmadığı bildirilmiştir (Oskay, 2016). İlk laktasyonda laktasyon persistensinin daha yüksek olması düşük başlangıç süt verimi ve pik verim ile ilişkilidir (Torshizi ve ark., 2019).

2.2.2. Buzağılama ayı, yılı ve mevsimi

2.2.2.1. Buzağılama mevsimi

Buzağılama mevsimi olarak bazı çalışmalarda ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış olmak üzere dört mevsim (Rekik ve ark., 2003; Bahashwan ve Alfadli, 2014); bazılarında (Gradiz ve ark., 2009; da Gloria ve ark., 2012; Torshizi, 2016) yaz başlangıcı (Mayıs-Temmuz), yaz sonu (Ağustos-Ekim), kış başlangıcı (Kasım-Ocak) ve kış sonu (Şubat-Nisan) olarak dört mevsim; bazılarında ise Mart-Haziran (ilkbahar-yaz), Temmuz-Ekim (yaz-sonbahar) ve Kasım-Şubat (kış) olmak üzere üç mevsim (Fadlemoula ve ark., 2007; Badri ve ark., 2011) kullanılmıştır. Buzağılama mevsiminin laktasyon persistensine etkisi bazı çalışmalarda önemli (Tekerli, 2000b; Rekik ve ark., 2003; Koçak ve Ekiz, 2006; Guler ve Yanar, 2009; Boujenane ve Hilal, 2012; Sharma ve ark., 2018), bazılarında ise önemsiz (Abubakar ve Buvanendran, 1981; Badri ve ark., 2011) bulunmuştur.

Sonbaharda doğum yapanlarda laktasyon persistensi daha yüksektir (Kaygısız ve ark., 2003; Zülkadir ve ark., 2008). Macciotta ve ark. (2004) sonbahar ve kış aylarında doğum yapan ineklerin laktasyonlarının, çevre koşullarının daha iyi olduğu ilkbaharda sonlandığını ve bu nedenle laktasyon persistenslerinin en yüksek, ilkbaharda doğum yapanların ise en düşük olduğunu belirtmişlerdir. Dědková ve Némcová (2003) Ağustos ve Eylül'de doğum yapan ineklerin en yüksek, Şubat-Nisan aylarında doğum yapanların ise en düşük laktasyon persistensine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Albarrán-Portillo ve Pollott (2011) ise laktasyon persistenslerini büyükten küçüğe sırasıyla sonbahar, yaz, kış ve ilkbaharda doğum

yapan inekler olarak bulmuşlardır. Wood (1968) ise en yüksek persistensin Mart ve Nisan aylarında doğum yapan ineklerde olduğunu belirtmiştir.

2.2.2.2. Buzağılama ayı

Ekim ve Kasım aylarında doğum yapan ineklerin laktasyon persistensleri diğer aylarda doğum yapanlara göre daha yüksektir (Yılmaz ve Koc, 2013). Laktasyon persistensinin en yüksek ve en düşük olduğu ayların veya mevsimin farklılık göstermesinin, yetiştiriciliğin entansif ya da ekstansif olma durumuna göre değiştiği söylenebilir. Çünkü entansif yetiştiricilikte süt verimine göre rasyon hazırlanabilirken, ekstansif yetiştiricilikte meranın kalitesi ve ot potansiyeli önemlidir. Bu nedenle ekstansif yetiştiricilikte meranın zengin olduğu dönemde (Mart-Nisan) doğum yapan inekler pik süt verimine Nisan-Mayıs aylarında ulaşacağı için laktasyon persistensleri daha yüksektir.

2.2.2.3. Buzağılama yılı

Buzağılama yılının laktasyon persistensine etkisini; Rekik ve ark. (2003); Çakıllı ve Güneş (2007); Yüksel (2019) ($P<0.05$), Kaya ve Kaya (2003) ile Sharma ve ark. (2018) ($P<0.01$) önemli bulunurken; Özyurt ve Özkan (2009) ile Yılmaz ve Koc (2013) ise önemsiz bulmuşlardır. Persistens açısından yıllar arasında görülen farklılığın bakım, besleme ve diğer çevre şartlarındaki değişikliklerden kaynaklanmış olabileceği belirtilmiştir (Kaya ve Kaya, 2003).

2.2.3. Laktasyon uzunluğu

Laktasyon uzunluğunun laktasyon eğrisinin şeklini, dolayısıyla laktasyon persistensini belirlediği (Abdelsayed ve ark., 2015), daha kısa süren laktasyonların tam ve uzun süren laktasyonlara göre atipik bir laktasyon eğrisine sahip olduğu bildirilmiştir (Zurwan ve ark., 2017). Günde 3 defa sağılan ve iyi bir sürü yönetimi olan Siyah Alacalar, 1200 gün boyunca yüksek bir laktasyon persistensi ve süt verimine sahip olabilirler (Mellado ve ark., 2016). Yüksek laktasyon persistensine sahip ineklerin 305 günden fazla sağılmasının daha ekonomik olacağı belirtilmiştir (Kamidi, 2005). Laktasyon süreleri farklı olan ineklerde laktasyon persistensleri büyükten küçüğe sırasıyla >45 , $36-45$, $26-35$ ve <26 hafta olarak bulunmuştur (Abubakar ve Buvanendran, 1981). Buradan laktasyon süresinin uzaması ile laktasyon persistensinin arttığı anlaşılmaktadır.

2.2.4. Sağım sıklığı

Laktasyonun başlangıcında sağım sıklığının artırılması meme hücrelerinin aktivasyonunu uyarır ve süt verimini artırır (Knight ve Wilde, 1993; Pulina ve ark., 2007). Sağım sıklığı olarak günde bir, iki ve üç sağım karşılaştırıldığında, günde 3 sağımın laktasyon süt verimini %18 artırdığı, günde tek sağımın ise %20 düşürdüğü belirtilmiştir (Stelwagen, 2001). Süt veriminin sürekliliği süt üreten hücrelerin aktivitesine ve sayısına bağlıdır (Capuco ve ark., 2003). Günde üç kez sağılan ineklerin laktasyon persistenslerinin iki kez sağılanlara göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Sorensen ve ark., 2008; Atashi, 2015). Günde bir sağım yapılan ineklerde meme hücresi kaybına bağlı olarak laktasyon persistensi daha düşüktür (Bernier-Dodier ve ark., 2010). Jersey ve Siyah Alaca ineklerde günde bir sağım ile iki sağım arasında laktasyon süt ve yağ persistensi açısından ($P<0.001$), laktoz ve protein verimi persistensi açısından ($P<0.01$) önemli fark bulunmuştur (Hickson ve ark., 2006). Erken laktasyon döneminde artan sağım sıklığının, süt veriminde ani ve kalıcı artışlar sağlayabileceği belirtilmiştir (Wall ve McFadden, 2007). Artan sağım sıklığının hem ineklerde hem de birinci laktasyondaki düvelerde pik süt verimini artırdığı ancak sadece ineklerde laktasyon persistensini artırdığı belirlenmiştir (Pettersson ve ark., 2011).

2.2.5. Laktasyon süt verimi

Laktasyon süt verimi büyük ölçüde laktasyon eğrisinin şekline bağlıdır (Pulina ve ark., 2007). Laktasyon süt verimi arttıkça laktasyon persistensi azalma eğilimindedir (Kamidi, 2005; Albarrán-Portillo ve Pollott, 2011). Laktasyon süt veriminin 5. laktasyona kadar arttığı buna karşılık laktasyon persistensinin ise azaldığı gözlenmiştir (Çakıllı ve Güneş, 2007). Laktasyon süt verimleri yüksek olan ineklerin genellikle başlangıç süt verimleri (a) ve pik süt verimleri (Y_{max}) yüksek; pik verime ulaşma süreleri (T_{max}) ise kısadır. Bu nedenle daha düşük laktasyon persistensine sahiptirler.

2.2.6. Pik süt verimi ve ulaşma süresi

Pik süt verimi, laktasyon verimi ve laktasyon persistensini iyileştirmek için erken laktasyonda seçim kriteri olarak kullanılabilir (Rao ve Sundaresan, 1979). Güç doğum yapan inekler pik süt verimine daha uzun sürede ulaşma eğilimindedirler ($r_g = 0.15 \pm 0.08$) (Muir ve ark., 2004). Pik süt verimi, pik süt verimine ulaşma süresi ile laktasyon persistensi arasında sırasıyla 0.27 ve 0.64 düzeyinde fenotipik korelasyon olduğu için pike erken ulaşma laktasyon persistensini olumsuz yönde etkilemektedir (Albarrán-Portillo ve Pollott, 2011). Yapılan bir çalışmada ineklerin pik süt verimine ulaşma süreleri <41 gün, 41–57 gün, >57 gün olmak üzere 3 gruba ayrılmış ve laktasyon persistensleri en yüksek 41–57 günlerde pike ulaşanlarda görülmüştür ($P < 0.05$) (Sharma ve ark., 2018).

2.2.7. Laktasyonun dönemi

Laktasyonun 101-200. günlerinde laktasyon persistensi 201-305. günlerindeki persistensten daha yüksektir (Torshizi, 2016). Birinci ve ikinci laktasyonlar için laktasyon persistensi ve somatik hücre skoru arasında sırasıyla -0.23 ve -0.22 genetik korelasyon bulunmuştur. Negatif korelasyondan dolayı yüksek laktasyon persistensi için yapılacak seleksiyonda somatik hücre sayısı artırılmadan persistens artırılabilir (Yamazaki ve ark., 2013).

2.2.8. İlk tohumlanma yaşı ve buzağılama-ilk tohumlamaya kadar geçen süre

İlk tohumlama yaşı ile laktasyon persistensi arasında -0.17 ± 0.07 korelasyon bulunmuştur. Ortalama yaştan (16.8 ay) önce tohumlanan düvelerin laktasyon persistensleri ortalama yaştan üstünde tohumlanarlardan daha yüksek bulunmuştur (Muir ve ark., 2004). Yamazaki ve ark., (2014) ise buzağılama - ilk tohumlama arasında geçen süre ile laktasyon persistensi arasında 0.17 genetik korelasyon bulunduğunu, buzağılama sonrası ilk tohumlama süresi uzadıkça laktasyon persistensinin arttığını bildirmişlerdir.

2.2.9. İlk buzağılama yaşı

İlk buzağılama yaşının laktasyon persistensi üzerine etkisi önemli ($P < 0.001$) bulunmuştur (Albarrán-Portillo ve Pollott, 2011). İlk buzağılama yaşında 18. aydan 26. aya doğru her bir aylık artışın 305 günlük süt verimini 138 kg civarında arttırdığı; 27. aydan 32. aya doğru her bir aylık artışın ise ortalama 61 kg azalttığı, en yüksek persistensin 24-26 aylık yaşta doğum yapan düvelerde olduğu bildirilmiştir (Torshizi, 2016). İlk buzağılama yaşı 18. aydan 32. aya arttıkça laktasyon persistensi azalır. Bu azalış persistensi ciddi şekilde etkileyen farklı buzağılama yaşındaki pik verim ve pik verime ulaşma zamanı ile ilgilidir (Torshizi ve Mashhadi, 2016).

2.2.10. Servis periyodu

Tekerli ve ark. (2000) servis periyodunun laktasyon persistensine etkisini <60 , $60-120$, $120-180$, ve $180<$ günler için önemsiz; Kaya ve Kaya (2003) ise ≤ 60 , $60-100$, $101-140$, $141-180$ ve $181<$ günler için önemli bulmuşlardır ($P<0.01$). Dědková ve Němcová (2003) servis periyodu arttıkça laktasyon persistensinin arttığını, en yüksek persistensin servis periyodu 120 günden fazla olan ineklerde olduğunu belirtmişlerdir. Ribeiro ve ark. (2017) ise servis periyotlarını ≤ 90 , $91-120$, $121-150$, $151-180$ ve $181\leq$ olarak bölmüşler ve servis periyodunun 180. güne kadar arttığını, 180. günden sonra ise hafif azaldığını belirtmişlerdir.

2.2.11. Gebeliğin dönemi ve süresi

Yüksek laktasyon persistensi düşük reproduktif performansla ilişkilidir (Lean ve ark., 1989). Gebeliğin son üçte birlik bölümünde laktasyon persistensinin önemli ölçüde azaldığı bildirilmiştir (Sorensen ve ark., 2008). Ovaryum steroidlerinin (östradiol ve progesteron) laktasyondaki ineklerde süt verimini ve laktasyon persistensini olumsuz yönde etkilediği öne sürülmüştür (Yart ve ark., 2013). Gebelik ilerledikçe (özellikle $120-150$. günlerinden sonra) laktasyon persistensinde ani bir azalma görülmektedir (Bohmanova ve ark., 2009). Hem ilk doğumunu yapmış düvelerde hem de birden fazla doğum yapan ineklerde erkek buzağılayanların gebelik sürelerinin dişi buzağılayanlara göre daha uzun olduğu bildirilmiştir ($P<0.05$). Ayrıca gebelik gün sayısı 268 ± 4 gün olan ineklerin laktasyon persistenslerinin normal zamanında (280 gün) doğum yapanlara göre daha yüksek olduğu ($P<0.05$) bulunmuştur (Atashi ve Asaadi, 2019).

2.2.12. Kuruda kalma süresi

Kuruya ayrılmayan ineklerin pik verimine daha hızlı ulaştığı ve bu durumun laktasyon persistensini negatif yönde etkilediği, 55 gün kuruya ayrılanların, kuruya ayrılmayanlara göre daha yüksek laktasyon persistensine sahip olduğu belirtilmiştir (Mantovani ve ark., 2010). Başka bir çalışmada ise kuruda kalma süresi kısaltılan ($36-50$ gün) ineklerin laktasyon persistensinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Atashi ve ark., 2013). Kuru dönemin kısa süreli tutulması veya atlanması nedeniyle laktasyonun ilk günlerinde rasyonda iyi bir enerji dengesi kullanılması, laktasyon persistensi için olumlu etkilidir (Kok ve ark., 2019).

2.2.13. Buzağılama aralığı

Yüksek süt verimi ve laktasyon persistensi, uzun buzağılama aralığı ile ilişkilidir (Muir ve ark., 2004). Němečková ve ark. (2015) farklı buzağılama aralıklarında laktasyon persistensini büyükten küçüğe sırasıyla $400-439$, >440 , <399 günler olarak bulmuşlardır. Bu sonuçlardan laktasyon persistensi açısından en uygun buzağılama aralığının $400-439$. günler arası olduğu söylenebilir. Buzağılama aralığı ile laktasyon persistensi arasında 0.36 ± 0.09 düzeyinde genetik korelasyon bulunmuştur (Albarrán-Portillo ve Pollott, 2013). Cole ve VanRaden (2006) buzağılama aralığının artırılması ile laktasyon persistensinin daha yüksek değerlere ulaşacağını belirtmişlerdir.

2.2.14. Mastitis

Somatik hücre sayısı ile laktasyon persistensi arasında -0.29 genetik korelasyon bildirilmiştir (Haile-Mariam ve ark., 2003). Laktasyonun ilk 100 günü şekillenen mastitisler sadece birden çok doğum yapmış ineklerde laktasyon persistensini artırırken, 100. gününden sonra şekillenen mastitis olguları laktasyon persistensini hem düvelerde hem de ineklerde olumsuz etkilemektedir (Appuhamy, 2006). Dhakal ve ark. (2016) ise mastitisin laktasyon persistensi üzerine çok az bir etkisinin olduğunu bildirmişlerdir.

2.2.15. Metabolik, reproduktif ve enfeksiyöz hastalıklar

Laktasyon persistensi ile meme, fertilité, metabolik, ayak ve bacak hastalıkları arasında birinci laktasyon için sırasıyla 0.03, 0.23, 0.10 ve 0.46 genetik korelasyon bulunmuştur (Harder ve ark., 2006). Laktasyon persistensi yüksek olan inekler, erken laktasyonda daha az metabolik strese maruz kaldıklarından hastalıklarla daha az karşılaşmaktadır (Appuhamy, 2006). Ketozis, hipokalsemi, abomazum deplasmanı gibi postpartum metabolizma hastalıkları ile metritis, retentio sekundinarum, ovarium kistleri gibi periparturient üreme hastalıkları geçiren ineklerin pik verime daha geç ulaştıkları; süt, yağ ve protein persistenslerinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Appuhamy, 2006). Ayak hastalıklarının laktasyon persistensi üzerine etkisinin ise önemsiz olduğu belirtilmiştir (Appuhamy, 2006; Appuhamy ve ark., 2007).

2.2.16. Doğrusal tip özellikleri

Doğrusal tip özelliklerinden genel kompozit puanı, genel ayak ve bacak puanı ve genel meme puanı ile laktasyon persistensi arasında sırasıyla 0.51, 0.59 ve 0.76 genetik; 0.09, 0.07 ve 0.13 fenotipik korelasyon bulunmuştur (Otwinowska-Mindur ve ark., 2016). Genel meme puanı ile genel ayak ve bacak puanlarının persistens ile yüksek korelasyonlarının olması; ideal meme, ayak ve bacaklara sahip ineklerin enfeksiyonlara daha az maruz kalması ve laktasyon boyunca yüksek olan süt verimi seviyesini daha uzun süre muhafaza etmesi sonucunu doğurur. Dolayısıyla bu ineklerin persistenslerinin daha yüksek olması anlamına gelir.

2.2.17. Vücut kondisyon skoru

Laktasyon persistensi, doğum sonrası canlı ağırlık ve vücut kondisyon skoru birlikte azalma eğilimindedir. Doğum sonrası vücut kondisyon skorunda ani ve fazla kayıp, yüksek pik verim ve süt verimi ile ilişkilidir ve laktasyon persistensini azaltır (Berry ve ark., 2007). 5 puan üzerinden vücut kondisyon skorunun belirlendiği bir çalışmada laktasyon persistensleri büyükten küçüğe 3.3, 3.0 ve 2.7 kondisyona sahip ineklerde saptanmıştır (Wildman ve ark., 1982). Laktasyon pik verimi sonrası vücut kondisyon skoru ile laktasyon persistensi arasında 0.24 korelasyon bulunmuştur ($P < 0.01$). Bu sonuç, laktasyon persistensi yüksek olan ineklerin geç laktasyonda (90 < gün) vücut rezervlerinin iyi bir şekilde iyileştiğini göstermektedir. Bu da yüksek laktasyon persistensi olan ineklerin geç laktasyonda sağlık durumlarının iyi olacağını göstermektedir (Yamazaki ve ark., 2011).

2.2.18. Güç doğum, ölü doğum ve ikiz doğum

Ölü doğum yapan ineklerin laktasyon pik verimleri, canlı doğum yapan ineklere göre daha düşük, pik verime ulaşma süreleri daha uzun ve laktasyon persistensleri ise daha yüksektir (Atashi ve ark., 2012). Güç doğum yapan ($r_g = 0.43$), ilk tohumlamasında başarılı bir şekilde gebe kalan ($r_g = 0.32$) ve birinci ile ikinci laktasyon aralığı daha uzun olan ($r_g = 0.17$) düvelerde laktasyon persistensinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Muir ve ark., 2004). İneklerde nadiren de olsa ikiz doğum gözlenmektedir. İkiz doğum yapan ineklerin tek doğum yapanlara göre pik verime ulaşma sürelerinin daha uzun, laktasyon persistenslerinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Atashi ve ark., 2012).

2.2.19. İşletme etkisi

İşletmenin laktasyon persistensine etkisini Batra (1986) ile Kaya ve Kaya (2003) ($P < 0.01$); Albarrán-Portillo ve Pollott (2011) ise ($P < 0.001$) önemli bulmuşlardır. Rekik ve ark. (2003) 4; Wood (1970) ile Tekerli (2000a) 10; Tekerli ve ark. (2000) ise 26 farklı

işletmede yetiştirilen Siyah Alacalarda işletme farklılığının laktasyon persistensine etkisini önemli bulmuştur ($P < 0.001$). İşletmeler açısından laktasyon persistensinin farklılık göstermesi hava koşulları, bakım, besleme, yönetim gibi faktörlere bağlı olabilir.

2.2.20. Emzirme etkisi

Buzağısını emziren ineklerin laktasyon persistensleri, süt verimleri, pike ulaşma süreleri ve pik süt verimleri sağılan ineklere göre daha yüksek bulunmuştur (Silvestre ve ark., 2010).

2.2.21. Besleme şekli

Entansif ve ekstansif besleme şekline göre laktasyon persistensi değişiklik göstermektedir. Entansif yetiştirilen sütçü sığırlarda laktasyon persistensi daha yüksek bulunmuştur. Ekstansif olarak yetiştirilenlerde ise süt verimi ve persistens, meradaki otların büyüme durumuna bağlı olarak değişmektedir (Wood, 1972).

2.2.22. Ovariectomi

Laktasyonun 2. ayında ovariektomize edilen sütçü sığırların, laktasyonun 6-14. ayları arasında süt verimlerinin günlük yaklaşık 2.5 kg arttığı ve laktasyon persistenslerinin önemli ölçüde yükseldiği bildirilmiştir. Aynı çalışmada ovaryumları alınan ineklerin günlük süt yağı verimi, protein verimi ve laktoz veriminin arttığı belirtilmiştir (Yart ve ark., 2012). Çalışma reproduktif hormonların, östrusun ve gebeliğin laktasyon persistensine olumsuz etkisini kanıtlamaktadır.

3. Sonuç

İki hafta veya bir ay aralıklarla alınan denetim günü süt verimi kayıtları ile laktasyon eğrisinin şekli [laktasyonun başlangıç süt verimi (a), yükselen eğrinin katsayısı (b), pik süt verimi (Y_{max}), pik verime ulaşma süresi (T_{max}), pik verim sonrası iniş eğrisi katsayısı (c)] ve laktasyon persistensi tahmin edilerek erken dönemde isabetli bir ayıklama ve seleksiyon yapılabilir.

Düşük verimli yerli ırkların yüksek süt verimli kültür ırklarına çevirme melezlemesi ile çevrilmesi, laktasyon persistensini artırmaktadır. Ancak yüksek verimli ırkın genotipi %75'in üzerine çıktığı zaman hem süt verimi hem de laktasyon persistensinde genotip-çevre interaksiyonuna bağlı olarak düşüşler meydana gelmektedir. Melezlemelerde bu etkileşimin göz önünde bulundurulması gereklidir. Ayrıca, yüksek laktasyon persistensine sahip sütçü sığırların seçimi için sığır otozomal kromozomlarındaki (BTA) tek nükleotid polimorfizmi üzerindeki çalışmalar yaygınlaşmalıdır.

Yapılan çalışmalarda laktasyon süt verimi yüksek olan ineklerin uygulanan sürü yönetimine de bağlı olarak daha düşük persistense sahip olduğu görülmektedir. Günde iki sağım yerine üç sağım yapılması ya da hayvan gönenci açısından da önemli etkileri bulunan, süt verim düzeyine göre günlük sağım sayısını ayarlayan, konsantre yem veren robotik sağım sistemleri ile hem persistensin artırılması hem de yüksek miktarda süt üretimi yetiştiriciler tarafından bir seçenek olarak düşünülmelidir. Süt sığırı yetiştiriciliğinde genellikle süt veriminin yanında yılda bir buzağı alınması hedeflenmektedir. Ancak yüksek miktarda süt üretimi için persistensin artırılması, dolayısıyla servis periyodu süresinin uzatılması gerekmektedir. Yılda bir buzağı almak yerine, gelişmiş ülkelerde son zamanlarda popüler hale gelen yüksek persistense sahip inekler yetiştirerek ve daha iyi bir sürü yönetim programı uygulayarak daha uzun bir laktasyon ile daha ekonomik ve sağlıklı bir yetiştiricilik yapılabileceği ülkemizdeki yetiştiriciler tarafından da düşünülmelidir.

Kaynakça

- Abdelsayed, M., Thomson, P. C., Raadsma, H. W. (2015). A review of the genetic and non-genetic factors affecting extended lactation in pasture-based dairy systems. *Animal Production Science*, 55(8): 949-966.
- Abubakar, B. Y., Buvanendran, V. (1981). Lactation curves of Friesian-Bunaji crosses in Nigeria. *Livestock Production Science*, 8: 11-19.
- Alain, K., Karrow, N. A., Thibault, C., St-Pierre, J., Lessard, M., Bissonnette, N. (2009). Osteopontin: an early innate immune marker of *Escherichia coli* mastitis harbors genetic polymorphisms with possible links with resistance to mastitis. *BMC Genomics*, 10(1): 444.
- Albarrán-Portillo, B., Pollott, G. (2011). Environmental factors affecting lactation curve parameters in the United Kingdom s commercial dairy herds. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 43(2): 145-153.
- Albarrán-Portillo, B., Pollott, G. (2013). The relationship between fertility and lactation characteristics in Holstein cows on United Kingdom commercial dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 96(1): 635-646.
- Amin, A. M. S., Khalil, M. H. E. N., Mourad, K. A. M., Ibrahim, M. K., Afifi, E. A. (2019). Lactation curves of milk, fat and protein in Egyptian Buffalo using test-day model. *Buffalo Bulletin*, 38(1): 67-82.
- Appuhamy, J. A. D. R. N., Cassell, B. G., Dechow, C. D., Cole, J. B. (2007). Phenotypic relationships of common health disorders in dairy cows to lactation persistency estimated from daily milk weights. *Journal of Dairy Science*, 90(9): 4424-4434.
- Appuhamy, R., (2006). Phenotypic relationships between lactation persistency and common health disorders in dairy cows. Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Dairy Science, Master Thesis, 17 s. Blacksburg, Virginia.
- Atashi, H. (2015). Effect of milking frequency on the lactation performance and lactation curve of Holstein dairy cows in Iran. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 5(2): 273-278.
- Atashi, H., Asaadi, A. (2019). Association between gestation length and lactation performance, lactation curve, calf birth weight and dystocia in Holstein dairy cows in Iran. *Animal Reproduction*, 16(4): 846-852.
- Atashi, H., Salavati, M., De Koster, J., Ehrlich, J., Crowe, M., Opsomer, G., Hostens, M. (2019). Genome-wide association for milk production and lactation curve parameters in Holstein dairy cows. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 49.
- Atashi, H., Zamiri, M., Dadpasand, M. (2013). Association between dry period length and lactation performance, lactation curve, calf birth weight, and dystocia in Holstein dairy cows in Iran. *Journal of Dairy Science*, 96(6): 3632-3638.
- Atashi, H., Zamiri, M. J., Sayyadnejad, M. B. (2012). Effect of twinning and stillbirth on the shape of lactation curve in Holstein dairy cows of Iran. *Archiv Fur Tierzucht-Archives of Animal Breeding*, 55(3): 226-233.
- Badri, T. M., Atta, M., Mohamed, M., Ibrahim, T., Gubartalla, K. A. (2011). Genetic and non-genetic factors affecting lactation curve components of a Sudanese Butana dairy herd. *Research Opinions in Animal & Veterinary Sciences*, 1(4): 193-197.
- Bahashwan, S., Alfadli, S. (2014). Dhofari cow's potentiality of milk production and lactation curve. *Net Journal of Agricultural Science*, 2(2): 74-78.
- Bangar, Y. C., Verma, M. R. (2017). Non-linear modelling to describe lactation curve in Gir crossbred cows. *Journal of Animal Science and Technology*, 59(1): 3.
- Batra, T. R. (1986). Comparison of two mathematical models in fitting lactation curves for pureline and crossline dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*, 66(2): 405-414.
- Bernier-Dodier, P., Delbecchi, L., Wagner, G. F., Talbot, B. G., Lacasse, P. (2010). Effect of milking frequency on lactation persistency and mammary gland remodeling in mid-lactation cows. *Journal of Dairy Science*, 93(2): 555-564.
- Berry, D. P., Buckley, F., Dillon, P. (2007). Body condition score and live-weight effects on milk production in Irish Holstein-Friesian dairy cows. *animal*, 1(9): 1351-1359.
- Bissonnette, N. (2018). Genetic association of variations in the osteopontin gene (*ITSPPI1*) with lactation persistency in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 101(1): 456-461.
- Bohmanova, J., Jamrozik, J., Miglior, F. (2009). Effect of pregnancy on production traits of Canadian Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 92(6): 2947-2959.
- Boujenane, I., Hilal, B. (2012). Genetic and non-genetic effects for lactation curve traits in Holstein Friesian cows. *Arch Tierzucht*, 55 5.
- Broody, S., Ragsdale, A. C., Turner, C. W. (1923). The rate of decline of milk secretion with the advance of the period of lactation. *The Journal of General Physiology*, 5: 441-444.

- Capuco, A. V., Ellis, S. E., Hale, S. A., Long, E., Erdman, R. A., Zhao, X., Paape, M. J. (2003). Lactation persistency: Insights from mammary cell proliferation studies. *Journal of Animal Science*, 81(15_suppl_3): 18-31.
- Cole, J., Null, D. (2009). Genetic evaluation of lactation persistency for five breeds of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 92(5): 2248-2258.
- Cole, J. B., VanRaden, P. M. (2006). Genetic evaluation and best prediction of lactation persistency. *Journal of Dairy Science*, 89(7): 2722-2728.
- Congleton, W. R., Everett, R. W. (1980). Application of the incomplete gamma function to predict cumulative milk-production. *Journal of Dairy Science*, 63(1): 109-119.
- Çakıllı, F., Güneş, H. (2007). Esmer sığırların süt verim özellikleri üzerinde araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 33(3): 43-58.
- da Gloria, J. R., Bergmann, J. A. G., Quirino, C. R., Ruas, J. R. M., Pereira, J. C. C., Reis, R. B., Coelho, S. G., Silva, M. D. E. (2012). Environmental and genetic effects on the lactation curves of four genetic groups of crossbred Holstein-Zebu cows. *Revista Brasileira De Zootecnia-Brazilian Journal of Animal Science*, 41(11): 2309-2315.
- Daltro, D. d. S., Padilha, A. H., Telo da Gama, L., Silva, M. V. G. B. d., Panetto, J. C. d. C., Machado, J. D., Braccini Neto, J., Cobuci, J. A. (2019). Heterosis in the components of lactation curves of Girolando cows. *Italian Journal of Animal Science*, 18(1): 267-278.
- Dědková, L., Němcová, E. (2003). Factors affecting the shape of lactation curves of Holstein cows in the Czech Republic. *Czech Journal of Animal Science*, 48: 395-402.
- Denhardt, D. T., Noda, M., O'Regan, A. W., Pavlin, D., Berman, J. S. (2001). Osteopontin as a means to cope with environmental insults: regulation of inflammation, tissue remodeling, and cell survival. *The Journal of clinical investigation*, 107(9): 1055-1061.
- Dhakal, K., Tiezzi, F., Clay, J., Maltecca, C. (2016). Causal relationships between clinical mastitis events, milk yields and lactation persistency in US Holsteins. *Livestock Science*, 189: 8-16.
- Do, D., Bissonnette, N., Lacasse, P., Miglior, F., Sargolzaei, M., Zhao, X., Ibeagha-Awemu, E. (2017). Genome-wide association analysis and pathways enrichment for lactation persistency in Canadian Holstein cattle. *Journal of Dairy Science*, 100(3): 1955-1970.
- Do, D. N., Bissonnette, N., Lacasse, P., Miglior, F., Zhao, X., Ibeagha-Awemu, E. M. (2019). A targeted genotyping approach to enhance the identification of variants for lactation persistency in dairy cows. *Journal of Animal Science*, 97(10): 4066-4075.
- Elgersma, G., De Jong, G., Van der Linde, R., Mulder, H. (2018). Fluctuations in milk yield are heritable and can be used as a resilience indicator to breed healthy cows. *Journal of Dairy Science*, 101(2): 1240-1250.
- Fadlelmoula, A. A., Yousif, I. A., Abu Nikhaila, A. M. (2007). Lactation curve and persistency of crossbred dairy cows in the Sudan. *Journal of Applied Sciences Research*, 3(10): 1127-1133.
- Farhangfar, H., Rowlinson, P. (2007). Genetic analysis of Wood's lactation curve for Iranian Holstein heifers. *Journal of Biological Sciences*, 7(1): 127-135.
- Gradiz, L., Alvarado, L., Kahi, A. K., Hirooka, H. (2009). Fit of Wood's function to daily milk records and estimation of environmental and additive and non-additive genetic effects on lactation curve and lactation parameters of crossbred dual purpose cattle. *Livestock Science*, 124: 321-329.
- Grayaa, M., Vanderick, S., Rekik, B., Gara, A. B., Hanzen, C., Grayaa, S., Mota, R. R., Hammami, H., Gengler, N. (2019). Linking first lactation survival to milk yield and components and lactation persistency in Tunisian Holstein cows. *Archives Animal Breeding*, 62(1): 153.
- Guler, O., Yanar, M. (2009). Factors influencing the shape of lactation curve and persistency of Holstein Friesian cows in high altitude of eastern Turkey. *Journal of Applied Animal Research*, 35(1): 39-44.
- Haile-Mariam, M., Bowman, P. J., Goddard, M. E. (2003). Genetic and environmental relationship among calving interval, survival, persistency of milk yield and somatic cell count in dairy cattle. *Livestock Production Science*, 80(3): 189-200.
- Harder, B., Bennewitz, J., Hinrichs, D., Kalm, E. (2006). Genetic parameters for health traits and their relationship to different persistency traits in German Holstein dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 89(8): 3202-3212.
- Hickson, R. E., Lopez-Villalobos, N., Dalley, D. E., Clark, D. A., Holmes, C. W. (2006). Yields and persistency of lactation in Friesian and Jersey cows milked once daily. *Journal of Dairy Science*, 89(6): 2017-2024.
- Johansson, I., Hansson, A. (1940). Causes of variation in milk and butterfat yield of dairy cows. *Kungliga Lantbruksakademiens Handlingar*, 79(62): 127.

- Kamidi, R. (2005). A parametric measure of lactation persistency in dairy cattle. *Livestock Production Science*, 96(2-3): 141-148.
- Kaya, İ., Kaya, A. (2003). Siyah alaca sığırlarda laktasyonun devamlılık düzeyine ait parametre tahminleri ve süt verimi ile ilgisi üzerinde araştırmalar I. laktasyonun devamlılık düzeyini etkileyen faktörler. *Hayvansal Üretim*, 44(1): 76-94.
- Kaygısız, A., Vanlı, Y., Yılmaz, İ. (2003). Esmer sığırların laktasyon eğrisi özellikleri üzerine bir araştırma. *Hayvansal Üretim*, 44(2): 69-80.
- Knight, C. H., Wilde, C. J. (1993). Mammary cell changes during pregnancy and lactation. *Livestock Production Science*, 35(1-2): 3-19.
- Koçak, Ö., Ekiz, B. (2006). Entansif koşullarda yetiştirilen siyah alaca sığırların süt verimini ve laktasyon eğrisini etkileyen faktörler üzerinde araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 32(2): 61-69.
- Kok, A., Chen, J., Kemp, B., van Knegsel, A. T. M. (2019). Review: Dry period length in dairy cows and consequences for metabolism and welfare and customised management strategies. *animal*, 13: S42-S51.
- Lean, I. J., Galland, J. C., Scott, J. L. (1989). Relationships between fertility, peak milk yields and lactational persistency in dairy cows. *Theriogenology*, 31(5): 1093-1103.
- Macciotta, N. P. P., Vicario, D., Di Mauro, C., Cappio-Borlino, A. (2004). A multivariate approach to modeling shapes of individual lactation curves in cattle. *Journal of Dairy Science*, 87(4): 1092-1098.
- Madalena, F. E., Martinez, M. L., Freitas, A. F. (1979). Lactation curves of Holstein-Friesian and Holstein-Friesian × Gir cows. *Animal Production*, 29(1): 101-107.
- Madsen, O. (1975). A Comparison of some suggested measures of persistency of milk yield in dairy cows. *Animal Science*, 20(2): 191-197.
- Mahadevan, P. (1951). The effect of environment and heredity on lactation. II. Persistency of lactation. *The Journal of Agricultural Science*, 41: 89-93.
- Mandal, A., Singh, L. A., Talokar, A. J., Koloj, S., Mandal, D. K., Karunakaran, M. (2018). Genetic and non-genetic factors affecting lactation persistency in Jersey crossbred cows. *Indian Journal of Dairy Science*, 71(4): 435-438.
- Mantovani, R., Marinelli, L., Bailoni, L., Gabai, G., Bittante, G. (2010). Omission of dry period and effects on the subsequent lactation curve and on milk quality around calving in Italian Holstein cows. *Italian Journal of Animal Science*, 9(1): e20.
- Mellado, M., Flores, J., De Santiago, A., Veliz, F., Macías-Cruz, U., Avendaño-Reyes, L., García, J. (2016). Extended lactation in high-yielding Holstein cows: Characterization of milk yield and risk factors for lactations > 450 days. *Livestock Science*, 189: 50-55.
- Mohanty, B. S., Verma, M. R., Sharma, V. B., Roy, P. K. (2017). Comparative study of lactation curve models in crossbred dairy cows. *International Journal of Agricultural and Statistical Sciences*, 13(2): 545-551.
- Muir, B., Fatehi, J., Schaeffer, L. (2004). Genetic relationships between persistency and reproductive performance in first-lactation Canadian Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 87(9): 3029-3037.
- Nayeri, S., Sargolzaei, M., Abo-Ismael, M. K., Miller, S., Schenkel, F., Moore, S. S., Stothard, P. (2017). Genome-wide association study for lactation persistency, female fertility, longevity, and lifetime profit index traits in Holstein dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 100(2): 1246-1258.
- Němečková, D., Stádník, L., Čítek, J. (2015). Associations between milk production level, calving interval length, lactation curve parameters and economic results in Holstein cows. *Mljekarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka*, 65(4): 243-250.
- Oskay, G. S., (2016). Siyah Alaca süt sığırlarında laktasyon biyometrisi üzerine bir araştırma. *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootečni Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, 44 s. Tekirdağ.
- Otwinowska-Mindur, A., Ptak, E., Jagusiak, W. (2016). Genetic relationship between lactation persistency and conformation traits in Polish Holstein-Friesian cow population. *Czech Journal of Animal Science*, 61(2): 75-81.
- Özyurt, A., Özkan, M. (2009). Orta Anadolu'da yetiştirilen siyah alaca sığırlarda laktasyon eğri şekli ve eğriye etkili olan faktörler. *Hayvansal Üretim*, 50(1): 31-37.
- Pettersson, G., Svennersten-Sjaunja, K., Knight, C. H. (2011). Relationships between milking frequency, lactation persistency and milk yield in Swedish Red heifers and cows milked in a voluntary attendance automatic milking system. *Journal of dairy research*, 78(3): 379-384.
- Piccardi, M., Macchiavelli, R., Funes, A. C., Bó, G. A., Balzarini, M. (2017). Fitting milk production curves through nonlinear mixed models. *Journal of dairy research*, 84(2): 146-153.

- Pulina, G., Nudda, A., Macciotta, N. P. P., Battacone, G., Giacomo Rassu, S. P., Cannas, A. (2007). Non-nutritional factors affecting lactation persistency in dairy ewes: a review. *Italian Journal of Animal Science*, 6(2): 115-141.
- Rao, M., Sundaresan, D. (1979). Influence of environment and heredity on the shape of lactation curves in Sahiwal cows. *The Journal of Agricultural Science*, 92(2): 393-401.
- Rekaya, R., Weigel, K. A., Gianola, D. (2001). Hierarchical nonlinear model for persistency of milk yield in the first three lactations of Holsteins. *Livestock Production Science*, 68(2): 181-187.
- Rekik, B., Ben Gara, A., Ben Hamouda, M., Hammami, H. (2003). Fitting lactation curves of dairy cattle in different types of herds in Tunisia. *Livestock Production Science*, 83(2-3): 309-315.
- Ribeiro, L. S., Goes, T. J., Torres Filho, R. A., Araújo, C. V., Reis, R. B., Saturnino, H. M. (2017). Desempenhos produtivo e reprodutivo de um rebanho F1 Holandês x Gir em Minas Gerais. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 69(6): 1624-1634.
- Schneeberger, M. (1981). Inheritance of lactation curve in Swiss Brown cattle. *Journal of Dairy Science*, 64(3): 475-483.
- Sehested, J., Gaillard, C., Lehmann, J., Maciel, G., Vestergaard, M., Weisbjerg, M., Mogensen, L., Larsen, L., Poulsen, N., Kristensen, T. (2019). Review: extended lactation in dairy cattle. *The Animal Consortium*, 13(1): 65-74.
- Sharma, B. S., Leyva, I., Schenkel, F., Karrow, N. A. (2006). Association of toll-like receptor 4 polymorphisms with somatic cell score and lactation persistency in Holstein bulls. *Journal of Dairy Science*, 89(9): 3626-3635.
- Sharma, N., Narang, R., Kashyap, N., Kumari, S., Kaur, S., Ratwan, P. (2018). Genetic analysis of persistency in HF crossbred cattle at an organized farm of northern India. *Tropical Animal Health and Production*, 50(6): 1219-1225.
- Silvestre, A. M. D., de Almeida, J. C. M., Cruz dos Santos, V. A., Fontes, P. J. P., Alves, V. C. (2010). Modeling lactation curves of "Barrosã" beef cattle with Wood's model. *Italian Journal of Animal Science*, 9(2): e47.
- Solkner, J., Fuchs, W. (1987). A comparison of different measures of persistency with special respect to variation of test-day milk yields. *Livestock Production Science*, 16: 305-319.
- Sorensen, A., Muir, D. D., Knight, C. H. (2008). Extended lactation in dairy cows: effects of milking frequency, calving season and nutrition on lactation persistency and milk quality. *Journal of dairy research*, 75(1): 90-97.
- Stelwagen, K. (2001). Effect of milking frequency on mammary functioning and shape of the lactation curve. *Journal of Dairy Science*, 84: E204-E211.
- Tekerli, M. (2000a). Değişik işletme koşullarında yetiştirilen Holştayn sığırların süt verim özelliklerini etkileyen başlıca faktörler ve seleksiyona esas parametreler I. Holştaynlarda çevre ve kalıtımın laktasyon eğrisinin şekline etkisi. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 40(1): 1-13.
- Tekerli, M. (2000b). Değişik işletme koşullarında yetiştirilen Holştayn sığırların süt verim özelliklerini etkileyen başlıca faktörler ve seleksiyona esas parametreler. II. Holştaynlarda çevre ve kalıtımın süt veriminde direnme gücüne etkisi. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 40(1): 14-28.
- Tekerli, M., Akinci, Z., Dogan, I., Akcan, A. (2000). Factors affecting the shape of lactation curves of Holstein cows from the Balıkesir Province of Turkey. *Journal of Dairy Science*, 83(6): 1381-1386.
- Togashi, K., Moribe, K., Iwama, S., Matsumoto, S., Yamaguchi, S., Adachi, K., Takahashi, T., Saito, S., Nobukuni, T., Yamazaki, T. (2016). Genotype-by-environment interaction on genetic relationships between lactation persistency and conception measures in Japanese Holstein cows. *Livestock Science*, 183: 40-47.
- Torshizi, M. E. (2016). Effects of season and age at first calving on genetic and phenotypic characteristics of lactation curve parameters in Holstein cows. *Journal of Animal Science and Technology*, 58(1): 8.
- Torshizi, M. E., Mashhadi, M. H. (2016). Evaluation of different measures of milk yield persistency in Iranian holstein dairy cows. *Journal of Agricultural Studies*, 4(3): 58-73.
- Torshizi, M. E., Mashhadi, M. H., Farhangfar, H. (2019). Different aspects of lactation persistency in dairy cows. *Indian Journal of Animal Sciences*, 89(6): 607-614.
- Verschoor, C. P., Pant, S. D., Biggar, G. A., Schenkel, F. S., Sharma, B. S., Karrow, N. A. (2011). Identification of SNPs in interferon gamma, interleukin-22, and their receptors and associations with health and production-related traits in Canadian Holstein bulls. *Animal biotechnology*, 22(1): 7-15.
- Wall, E. H., McFadden, T. B. (2007). Optimal timing and duration of unilateral frequent milking during early lactation of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90(11): 5042-5048.

- Wasike, C., Kahi, A., Peters, K. (2014). Genetic relationship between lactation curve traits in the first three parities of dairy cattle. *South African Journal of Animal Science*, 44(3): 245-253.
- Wildman, E., Jones, G., Wagner, P., Boman, R., Troutt Jr, H., Lesch, T. (1982). A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. *Journal of Dairy Science*, 65(3): 495-501.
- Wood, P.D.P. (1968). Factors affecting persistency of lactation in cattle. *Nature*, 218: 894.
- Wood, P. D. P. (1967). Algebraic Model of the Lactation Curve in Cattle. *Nature*, 216: 164-165.
- Wood, P. D. P. (1970). A note on the repeatability of parameters of the lactation curve in cattle. *Animal Science*, 12(3): 535-538.
- Wood, P. D. P. (1972). A note on seasonal fluctuations in milk production. *Animal Science*, 15(1): 89-92.
- Wood, P. D. P. (1980). Breed variations in the shape of the lactation curve of cattle and their implications for efficiency. *Animal Science*, 31(2): 133-141.
- Yamazaki, T., Hagiya, K., Takeda, H., Sasaki, O., Yamaguchi, S., Sogabe, M., Saito, Y., Nakagawa, S., Togashi, K., Suzuki, K., Nagamine, Y. (2013). Genetic correlations between milk production traits and somatic cell scores on test day within and across first and second lactations in Holstein cows. *Livestock Science*, 152(2): 120-126.
- Yamazaki, T., Hagiya, K., Takeda, H., Yamaguchi, S., Osawa, T., Nagamine, Y. (2014). Genetic correlations among female fertility, 305-day milk yield and persistency during the first three lactations of Japanese Holstein cows. *Livestock Science*, 168: 26-31.
- Yamazaki, T., Takeda, H., Nishiura, A., Sasai, Y., Sugawara, N., Togashi, K. (2011). Phenotypic relationship between lactation persistency and change in body condition score in first-lactation Holstein cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 24(5): 610-615.
- Yart, L., Dessauge, F., Finot, L., Barbey, S., Marnet, P. G., Lollivier, V. (2012). Ovariectomy improves lactation persistency in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95(7): 3794-3802.
- Yart, L., Lollivier, V., Finot, L., Dupont, J., Wiart, S., Boutinaud, M., Marnet, P. G., Dessauge, F. (2013). Changes in mammary secretory tissue during lactation in ovariectomized dairy cows. *Steroids*, 78(10): 973-981.
- Yilmaz, H., Koc, A. (2013). A research on milk yield, persistency, milk constituents and somatic cell count of Red Holstein cows raised under Mediterranean climatic conditions. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19(6): 1401-1407.
- Yüksel, S. (2019). Zavot ineklerde laktasyon eğrisi özelliklerine bazı çevresel faktörlerin etkisi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(3): 1808-1817.
- Zurwan, A., Moaen-ud-Din, M., Bilal, G., Khan, M. S. (2017). Estimation of genetic parameters for persistency of lactation in Sahiwal dairy cattle. *Pakistan Journal of Zoology*, 49(3): 877-882.
- Zülkadir, U., Aytakin, İ., Keskin, İ. (2008). Relationship between persistency values defined with various methods and some lactation traits of Brown Swiss cattle in Turkey. *Journal of Applied Animal Research*, 34(2): 137-141.