

Siyah Alaca Sığırlarda Mastitis Teşhisinde Etkili Olan Faktörlerin Lojistik Regresyon Analizi ile Tespiti*

Büşra KILIÇ¹

İsmail KESKİN²

¹Koçaş Tarım İşletmesi Müdürlüğü, Aksaray/Türkiye

²Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Konya/Türkiye
ikeskin@selcuk.edu.tr

Özet

Mastitis, süt sığırcılığı yapılan işletmelerde görülen önemli derecede ekonomik kayıplara sebep olan bir meme hastalığıdır. Sığırcılık işletmelerinde mastitise bağlı olarak meydana gelebilecek süt kaybını önlemek ve oluşabilecek risk faktörlerini önceden tahmin edebilmek oldukça önemlidir.

Bu çalışmada Koçaş Tarım İşletmesi'nde yetiştirilen 192 baş birinci laktasyondaki sağmal Siyah Alaca sığırların ilk olarak kolayca tespit edilebilen bazı özellikler (süt verimi (SV), sağımda geçen gün (SGG), sütün donma noktası (DN), pH ve elektrik iletkenliği) kullanılarak ineklerin mastitis olup olmadığı teşhis edilmeye çalışılmıştır. Daha sonra mastitisin teşhisinde etkili olabilecek sütün renk (L (parlaklık), a (kırmızılık) ve b (sarılık)) özellikleri kullanılmıştır. Son olarak süt verim ve renk özellikleri birlikte kullanılarak mastitis teşhis edilmeye çalışılmıştır.

Çalışma sonuçlarına göre tüm özellikler dikkate alındığında, testin özgüllüğünün %98.7 ve duyarlılığın ise %34.9 olduğu görülmektedir. Genel olarak testin doğru sonuç oranı ise %84.4 olarak belirlenmiştir. Süt verim ve renk özellikleri birlikte kullanıldığında Lojistik regresyona ait model $Logit(M) = -26.903 - 0.187L - 0.478a - 0.001SV - 0.003SGG - 4.264FP + 3.290pH + 2.606Eİ$ şeklinde tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, lojistik regresyon analizinin mastitisi teşhis etmede kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Süt, lojistik regresyon, mastitis, somatik hücre sayısı, elektrik iletkenliği

Determination of Factors Effective in Diagnosis of Mastitis in Holstein Cattle by Logistic Regression Analysis

Abstract

Mastitis is a udder disease that causes significant economic losses in dairy cattle breeding. It is very important to prevent milk loss due to mastitis and to predict the risk factors that may occur in cattle farms.

In this study, it was tried to determine whether cows have mastitis by using some characteristics (milk yield, days in milk, freeze point, pH and electrical conductivity) of 192 Holstein dairy cattle in the first lactation reared at Koçaş agricultural enterprise. Then, the color (L (brightness), a (redness) and b (jaundice)) of the milk which were effective in the diagnosis of mastitis were used. Finally, mastitis was tried to be diagnosed by using milk yield and color characteristics together.

According to the results of the study, the specificity was 98.7% and the sensitivity was 34.9%. In general, the correct result rate of the test was determined as 84.4%. When milk yield and color properties are used together, the model of Logistic regression has been determined as $Logit(M) = -26.903 - 0.187L - 0.478a - 0.001SV - 0.003SGG - 4.264FP + 3.290pH + 2.606Eİ$. These results show that logistic regression analysis can be used to diagnose mastitis.

Keywords: Milk, logistik regression, mastitis, somatic cell counts, electrical conductivity

Giriş

Kaliteli süt üretiminin en önemli yollarından biri sağlıklı sürüye sahip olmaktan geçmektedir (Boztepe ve ark., 2015). Günümüzde süt sığırcılığı yapan işletmelerde, sürü yönetimi ve sürü sağlığı en önemli hususlardan biri haline gelmiştir. Etkin bir sürü yönetimi ile sürüdeki hayvanların hastalık etmenlerinden arındırılmış ortamda hastalandırılmadan en ekonomik şekilde süt üretimini sağlanabilmektedir. Gerek süt verimi gerekse süt kalitesini etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve sürü yönetiminde bu faktörlere yönelik düzenlemelerin yapılması ekonomik üretim için önemlidir. (Aytekin ve Boztepe, 2014; Aytekin ve ark., 2016).

Etkin sürü yönetimi olamayan işletmelerin sık sık karşılaştığı ve süt üretimini önemli düzeyde etkileyen hastalıklardan birisi mastitistir. Mastitis meme dokusunun bazı uyarıcı etkilere karşı göstermiş olduğu tepkidir. Bu uyarıcı etkiler genellikle memenin hem iç hem de dış yapısını olumsuz yönde etkilemekte meme fonksiyonlarını yerine getirmesine engel olmaktadır. Uyarıcı etkenler genellikle mikroorganizmalardır. Bu mikroorganizmalar memenin dış kısmına bulaşarak meme başından meme iç bezlerine geçmekte daha sonra memenin kompozisyonunu bozarak işlevlerini yerine getirmesini zorlaştırmakta hatta durdurmaktadır.

Mastitis klinik ve subklinik mastitis olmak üzere iki şekilde gözlenir. Klinik mastitis, gözle görülebilir durumda memede şişkinlik, yangı ve ağrı gibi belirtiler gösterir. Bu tip durumlarda mastitisin tedavisi kaçılmaz olup müdahale edilmediği takdirde meme işlevini kaybetmekle birlikte söz konusu hayvanın hayatı riske girebilmektedir. Subklinik mastitis ise memenin klinik tablo göstermemesi nedeniyle fark edilmez, uzun süre devam eder ve klinik mastitise sebep olur.

Mastitis nedeniyle sürüde meydana gelen ekonomik kayıplarının %20-30'unun klinik mastitis kaynaklı olduğu, kalan kayıpların (%70-80) subklinik mastitis kaynaklı olduğu, sürü yönetiminde meme sağlığı kontrolünü yapmayan işletmelerde ineklerin yarısının subklinik mastitis yönünden enfekte olduğu tahmin edilmektedir (Tekeli, 2005). Süt sığırcılığı işletmelerinin asıl amacının karlılık ve verimliliği artırmak olduğu düşünüldüğünde, mastitise bağlı süt kayıplarının önlenmesi ve oluşabilecek risklerin önceden tahmin edilmesi hem işletmede karlılığı artırır hem de istenmeyen olası bir duruma karşılık erken tedbir almayı kolaylaştırabilir (Mammadova ve Keskin, 2015; Altay ve ark., 2019).

Subklinik mastitisin teşhisinde SHS ve toplam bakteri sayısı kadar hassas olmasa da pratik olarak mastitisin erken tanısı için sağım öncesinde CMT (Kaliforniya Mastitis Testi) ve strip kap testleri de başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Erdem, 2005). Bu yöntemlerin yanında mastitisin teşhisinde sensör teknolojisi ile süt rengi (Kamphuis ve ark., 2008) ve özellikle saha şartlarında kullanım kolaylığı bakımından sütün iletkenlik değerini ölçen cihazlar da son yıllarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Genel olarak sağlıklı bir inek sütündeki somatik hücre sayısı genellikle ml'de 200000'in altında olmalıdır (Caraviello, 2004). Ancak SHS sürü yönetimi iyi olan sürülerde veya ilk laktasyondaki hayvanlarda 100000 adet/ml'nin altında olabilmektedir (Aytekin ve Boztepe, 2014). Somatik hücre sayısının ml'de 250000-300000'in üzerinde olması ise genellikle sütün anormal olduğunun ve memenin bir enfeksiyona maruz kalarak süt veriminde ve kalitesinde düşmeye sebep olduğunun göstergesi olarak kabul edilmektedir (Rice ve Bodman, 1997; Kirk, 2005; Aytekin ve ark., 2018).

Türkiye'de mastitis kaynaklı yıllık ekonomik kaybın yaklaşık 41.5 milyon TL olduğu, buna karşılık etkin bir mastitis kontrol programı için harcanan her 1 TL'nin 5 TL olarak yetiştiriciye geri döneceği hesaplandığında (Tekeli, 2005), kaliteli süt üretiminin önündeki engellerin aşılmasında ve hayvan refahının korunmasında en önemli adımlar

olarak mastitise sebep olan faktörlerin bilinmesi ve gerekli tedbirlerin alınmasıdır (Atasever ve Erdem, 2008). Mastitisin erken dönemde teşhisi, üretilen sütün kalitesini arttırmak, ekonomik kayıpları ortadan kaldırmak ve hayvan refahını korumak açısından oldukça önemlidir (Mammadova ve Keskin, 2013).

Bağımsız değişken veya değişkenler ile bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi inceleyen regresyon analizi; basit veya çoklu olabildiği gibi, doğrusallık, normallik, homojenlik, toplanabilirlik gibi birtakım varsayımların yerine getirilmesinden sonra uygulanabilmektedir (Akşahan ve Keskin, 2015). Bağımlı değişken, regresyon modelinde açıklanan ya da tahmin edilen değişken olup, bu değişkenin bağımsız değişken ya da değişkenler ile ilişkili olduğu varsayılr. Bağımlı değişkenin sürekli (ölçüm, tartım veya analiz sonucu elde edilen veri) olması gerekmektedir. Bununla birlikte bazı durumlarda bağımlı değişkenin kesikli (sayılarak elde edilen veri) olduğu durumlarla da karşılaşılabılır. Bu gibi durumlarda bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki lojistik regresyon yardımı ile incelenebilir. Bağımsız değişken ise regresyon modelinde açıklayıcı değişken olup, bağımlı değişkenin değerini tahmin etmek için kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, Aksaray ilinde bulunan Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü'ne bağlı Koçaş Tarım İşletmesi'nde yetiştirilen 192 baş birinci laktasyondaki sağmal Siyah Alaca süt sığır ırkı sığırların süt verim ve renk özellikleri ayrı ayrı ve birlikte kullanılarak mastitis teşhisinin lojistik regresyon analizi yardımıyla belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Bu çalışmanın araştırma materyalini Aksaray ilinde bulunan Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü'ne bağlı Koçaş Tarım İşletmesi'nde yetiştirilen birinci laktasyondaki 192 baş sağmal Siyah Alaca süt sığır ırkı oluşturmuştur.

Yöntem

İlk laktasyondaki 192 baş Siyah Alaca sığıra ait süt örnekleri alınarak Kaliforniya mastitis testi (CMT), somatik hücre sayısı (SHS), sütün renk değerleri (L, a, b), sütün donma noktası (DN), pH, elektrik iletkenliği (Eİ), sağımda geçen gün (SGG), ve süt verimi (SV)) değerleri tespit edilmiştir. Somatik hücre sayısına göre (SHS, 200000'den az olanlar mastitis değil (sağlıklı), 200000'den yüksek olanlar mastitis (hastalıklı)) mastitis olan inekler 1, mastitis olmayan inekler ise 0 olarak kodlanıp, analizler buna göre yapılmıştır.

Bu çalışmada ilk olarak sağım esnasında kolayca tespit edilebilen bu özellikler (süt verimi (SV), sağımda geçen gün (SGG), sütün donma noktası (DN), pH ve elektrik iletkenliği (Eİ)) kullanılarak ineklerin mastitis olup olmadığı teşhis edilmeye çalışılmıştır. Daha sonra mastitisin teşhisinde etkili olabilecek sütün renk (L (parlaklık), a (kırmızılık) ve b (sarılık)) özellikleri kullanılmıştır. Son olarak süt verim ve renk özellikleri birlikte kullanılarak mastitis teşhis edilmeye çalışılmıştır.

Lojistik regresyon analizinde subklinik mastitis üzerine etkili risk faktörleri aşağıdaki model ile belirlenmiştir (Özdamar, 1999).

$$P(Y) = \frac{1}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 X}} = \frac{1}{1 + e^{-Z}}$$

Burada Z, bağımsız değişkenlerin doğrusal kombinasyonları olup, $Z = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p$ şeklinde yazılabilir. Modeldeki $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$ regresyon katsayılarını ifade etmektedir. Regresyon katsayıları aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\ln\left(\frac{P(Y)}{Q(Y)}\right) = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p$$

$$\frac{P(Y)}{Q(Y)} = e^{\beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p}$$

Böylece $Q(Y)$, $Q(Y) = 1 - P(Y)$ şeklinde hesaplanabilir. Odds ratio ise $OR = \frac{P(Y)}{Q(Y)}$ şeklinde hesaplanmaktadır. Her bir parametrenin $\text{Exp}(\beta)$ değerlerini OR olarak değerlendirmek mümkündür. Bu sayede $\text{Exp}(\beta_p)$, Y değişkeninin X_p değişkeninin etkisi ile kaç kat daha fazla gözlenme olasılığını belirtir (Özdamar, 1999).

“Cox ve Snell R²” ve “Nagelkerke R²”, değerleri ise modelin uyumluluğu, bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasındaki ilişki hakkında yorum yapılmasını sağlar. Bağımsız değişkenin (ya da çoklu lojistik regresyon modelinde bağımsız değişkenlerin) önemliliği olabilirlik oranı G istatistiği ile incelenir.

$$LR = G = -2 \ln\left(\frac{L(\text{değişken modelde olmadığı})}{L(\text{değişken modelde olduğunda})}\right)$$

Serbestlik derecesi iki modelde tahmin edilen parametre sayısı arasındaki farka eşittir. Bu test olabilirlik oranı testi ya da sapma testi olarak adlandırılır. Sapma doğrusal regresyondaki hata kareler toplamına karşılık gelmektedir. Basit olarak sadece tek bağımsız değişken olması durumu ele alındığında, öncelikle sadece sabit terimin olduğu model oluşturulur. Bu modelden elde edilen iki değer arasındaki fark -2 ile çarpılarak olabilirlik oranı test değeri hesaplanır. Wald testinde de olabilirlik oran testinde olduğu gibi beta katsayılarının en çok olabilirlik kestirimlerinden yararlanır. Wald testi, eğitim parametresi β_1 ' in en çok olabilirlik tahmininin ($\hat{\beta}_1$ yada b_j) standart hatasına (yada $S(b_j)$) bölünmesi ile $W = \frac{\hat{\beta}_j}{s(\hat{\beta}_j)}$ şeklinde elde edilir (Alpar, 2011).

Bu çalışmada, tüm bağımsız değişkenlerin ele alındığı logit modelin çözümlemesinde maksimum olabilirlik yöntemi kullanılmıştır. Modelin önem kontrolü ise Ki-Kare testiyle kontrol edilmiştir.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Bu çalışmada ilk olarak kolayca tespit edilebilen bu özellikler (süt verimi (SV), sağımda geçen gün (SGG), sütün donma noktası (FP), pH ve elektrik iletkenliği) kullanılarak ineklerin mastitis olup olmadığı teşhis edilmeye çalışılmıştır. Daha sonra mastitisin teşhisinde etkili olabilecek sütün renk (L (parlaklık), a (kırmızılık) ve b (sarılık)) özellikleri kullanılmıştır. Son olarak süt verim ve renk özellikleri birlikte kullanılarak mastitis teşhis edilmeye çalışılmıştır.

Süt Verim Özellikleri Kullanılarak Mastitisin Teşhisi

Mastitisin tespiti için oluşturulan logit modelde, ilk aşamada bir baz model oluşturulmuş ve bağımsız değişkenlerin hepsinin bir arada yer aldığı yöntem (enter) uygulanmıştır. Baz model incelendiğinde mastitis olmayan 149 hayvan doğru tahmin edilmiş olup, doğru sınıflandırma oranı %100'dür (*Spesifisite (Özgünlük) = 149/149 = %100*). Mastitisli 43 örneğin ise tamamı yanlış tahmin edilmiş olup doğru sınıflandırma oranı %0 (*Sensitivite (Duyarlılık) = 0/43 = %0*) olarak belirlenmiş ve 192 baş ineğe ait verinin doğru sınıflandırma oranı ise %77.6 (*Testin doğruluk oranı = 149/192 = %77.6*) olarak tespit edilmiş ve bu değerler istatistik olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.01$).

Modelin uygunluğunun analiz edilmesinde, L (likelihood), bağımsız değişkenler tarafından tahmin edilme olasılığı olup $L + (-2 \text{ Log likelihood}) = 1$ 'dir. Bu durumda -2 Log likelihood değeri azaldıkça modelin uyumluluğu artmaktadır. “-2 Log likelihood” değerinin 0 olması durumunda model mükemmel uyumlu demektir. Çalışmada modelinin -2 Log likelihood değeri 169.905 olarak tespit edilmiştir.

Modelin uyumluluğunun bir başka kriteri ise “Cox ve Snell R²” ve “Nagelkerke R²” değerleridir. Analiz sonucuna göre bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişkendeki değişimin yüzde olarak ne kadar değiştiğinin belirlemek “Cox ve Snell R²” ve “Nagelkerke R²” değerlerinden yararlanılmış olup, sırasıyla %14.4 ile %25.0 değerlerini almıştır. Logit modelde belirleme katsayılarının düşük olmasının muhtemel sebebi ele alınan bağımsız değişkenlerde varyasyonun çok fazla olması olabilir. Ayrıca bağımlı değişken üzerinde etkisi olan başka faktörlerin de ele alınması gerekebilir.

Mastitisin tespiti için kurulan model; $\text{Logit}(M) = -49.556 - 0.058SV - 0.004SGG - 11.219FP + 4.177pH + 2.747Eİ$ şeklindedir. Bu modelin kullanılması ile yapılan tahminlerde (Çizelge 1), mastitis olmayan 149 hayvanın, 144 tanesi (0) 5 tanesinin ise (1) yani mastitisli olduğu tespit edilmiştir. Mastitisli olan 43 hayvanın, 11 tanesinin mastitis (1) olduğu ve 32'inin ise sağlıklı (0) olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuca göre, özgülüğünün (Spesifite) %96.6 ve duyarlılığın ise %25.6 olduğu görülmektedir. Genel olarak tüm verilerin doğruluğunun tahmin değeri (testin doğru sonuç oranı) ise %80.7 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 1. Sınıflandırma tablosu

Gözlemler	Tahminler			
	Mastitis		Doğruluk yüzdesi	
	0	1		
Mastitis	0	144	5	96.6
	1	32	11	25.6
Genel				80.7

Oluşturulan lojistik regresyon modelindeki bağımsız test değişkenleri ile bağımlı değişken için olasılık analizi yapılarak elde edilen sonuçlar Çizelge 2'deki gibidir.

Çizelge 2. Lojistik regresyona ait parametre tahminleri ve odds oranları sonuçları

Değişkenler	Beta katsayıları	Standart Hata	Ki-Kare Değeri	P Değeri	Odds oranları	%95 Güven Aralıkları (Odds)	
SV	-0.058	0.062	0.868	0.352	0.943	0.835	1.066
SGG	-0.004	0.004	1.361	0.243	0.996	0.989	1.003
DN	-11.219	7.794	2.072	0.150	0.000	0.000	57.779
pH	4.177	2.242	3.469	0.063	65.139	0.804	5278.87
Eİ	2.747	0.731	14.118	0.000	15.596	3.721	65.360
Sabit	-49.566	17.919	7.651	0.006			

Çizelge 2'de değişkenlerin regresyon (Beta katsayıları), standart hataları, Wald istatistiğine göre Ki-Kare değerleri, P değerleri, odds oranları (Exp(B)) ve %95 güven aralıkları görülmektedir. Analiz sonucuna göre süt verimi, sağımda geçen gün, donma noktası ve pH değerlerinin etkisinin istatistik olarak önemsiz olduğu görülmektedir (Çizelge 2). Elektrik iletkenliğinin etkisi ise istatistik olarak önemli bulunmuştur (P<0.01). Odds oranlarının 1'e yakın olması ele alınan değişkenin Y değişkenine (mastitis) önemli bir etkisinin olmadığını, 1'den büyük olması ise ele alınan değişkenin Y değişkenine (mastitis) önemli bir etkisinin (önemli bir risk faktörü) olduğunu göstermektedir. 0'a yakın

Odds oranı değerleri ise ele alınan özelliğin önemli bir risk faktörü olduğunu fakat Y'nin düşük değerler almasına neden olan negatif etkili bir faktör olduğunu belirtir (Özdamar, 1999). Lojistik regresyon analizinde standart regresyon analizinden farklı olarak regresyon katsayıları veya bu katsayılarla ilişkili olarak hesaplanan odds oranları yorumlanır. Buna göre elektrik iletkenliğinin (Eİ) artması ile (regresyon (beta) katsayısının pozitif olması ve istatistik olarak önemli olması nedeniyle) ineklerin mastitise yakalanma olasılıklarının - arttığı söylenebilir.

Sütün Renk Özellikleri Kullanılarak Mastitisin Teşhisi

Sağım esnasında otomatik olarak kaydedilen süt verim özelliklerinin yanı sıra süt renk parametreleri de kullanılarak hayvanların mastitisli olup olmadığı teşhis edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla süt numunelerinden tespit edilen L (parlaklık), a (kırmızılık) ve b (sarılık) değerleri kullanılmıştır.

Sütün renk değerleri (L, a ve b) kullanılarak oluşturulan baz modelde mastitis olmayan 149 hayvan doğru tahmin edilmiş olup, doğru sınıflandırma oranı %100'dür. Mastitisli 43 örneğin ise tamamı yanlış tahmin edilmiş olup doğru sınıflandırma oranı %0 olarak belirlenmiş ve 192 baş ineğe ait verinin doğru sınıflandırma oranı ise %77.6 olarak tespit edilmiştir. Model istatistik olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.01$). Modelin uygunluğunun analiz edilmesinde kullanılan -2 Log likelihood, Cox ve Snell R^2 ve Nagelkerke R^2 değerleri ise sırasıyla 177.952, 0.128 ve 0.195 olarak tespit edilmiştir.

Sınıflandırma tablosunda ise bağımlı değişkenlerden yola çıkarak gözlenen değerler ve yürütülen tahminde mastitis olmayanların (0) belirlendiği 145 tane veri ve bu verilerin 4 tanesinin ise yüksek değere (1) sahip olduğu hatalı tahmininde bulunduğunu ancak 149 tane veriden elde edilen değerlerin özgünlüğünün %97.3 (*Spesifisite (Özgünlük) = 145/149 = %97.3*) olduğu görülmektedir. Mastitis (1) olarak belirlenen 43 tane verinin 34'inin sağlıklı (0), 9 tanesinin ise mastitis olduğu, duyarlılığın ise %20.9 (*Sensitivite (Duyarlılık) = 9/43 = %20.9*) olduğu görülmektedir. Genel olarak tüm verilerin doğru sınıflandırma oranı %80.2 (*Testin doğruluk oranı = 154/192 = %80.2*) olarak belirlenmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Sınıflandırma tablosu

Gözlemler	Tahminler			
	Mastitis		Doğruluk Yüzdesi	
	0	1		
Mastitis	0	145	4	97.3
	1	34	9	20.9
Genel				80.2

Sütün renk özellikleri kullanılarak oluşturulan lojistik regresyon modelinden elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Sütün renk özellikleri kullanıldığında Lojistik regresyona ait parametre tahminleri ve odds oranları sonuçları

Değişkenler	Beta katsayıları	Standart Hata	Ki-Kare Değeri	P Değeri	Odds oranları	%95 Güven Aralıkları (Odds)
L	-0.358	0.110	10.527	0.001	0.699	0.563 0.868
a	0.276	0.370	0.557	0.455	1.318	0.638 2.721
b	0.590	0.141	17.533	0.000	1.803	1.368 2.377
Sabit	28.559	9.114	9.820	0.002		

Çizelge 4'ten de görüldüğü gibi a (kırmızılık) özelliğine ait değerlerin etkisinin istatistik olarak önemsiz olduğu görülmektedir. L (parlaklık) ve b (sarılık) değerlerinin etkisinin ise istatistik olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($P < 0.01$). beta katsayıları incelendiğinde L değişkeninin negatif olması ve b değişkeninin pozitif olması nedeniyle mastitisin teşhisi üzerine etkili olduğu görülmektedir. Buna göre sütteki parlaklık (L) azaldığında ve sarılık (b) arttığında mastitisi doğru teşhis etme olasılıkları artmaktadır.

Çizelge 4'te yer alan Beta Katsayıları, denklemde yer alan bağımsız değişkenlerin katsayıları olup bu katsayıları dikkate alarak model $Logit(M) = 28.559 - 0.358L + 0.276a + 0.590b$ şeklinde oluşturulabilir.

Süt Verim ve Renk Özellikleri Kullanılarak Mastitisin Teşhisi

Süt verim ve renk özellikleri kullanılarak mastitisin teşhisi için oluşturulan logit modelde, ilk aşamada bir baz model oluşturulmuştur. Baz model incelendiğinde mastitis olmayan 149 hayvan doğru tahmin edilmiş olup, doğru sınıflandırma oranı %100'dür. Mastitisli 43 örneğin ise tamamı yanlış tahmin edilmiş olup doğru sınıflandırma oranı %0 olarak belirlenmiş ve 192 baş ineğe ait verinin doğru sınıflandırma oranı ise %77.6 olarak tespit edilmiştir. Modelin uygunluğunun analiz edilmesinde kullanılan -2 Log likelihood değeri 158.353, "Cox ve Snell R²" değeri %21.3 ve "Nagelkerke R²" değeri %32.5 olarak tespit edilmiştir.

Bağımlı değişkenler kullanılarak yapılan tahminde 149 mastitis olmayan ineğin, 2 tanesinin mastitisli olduğu (hatalı tahmininde bulunduğu) ve özgünlüğünün %98.7 olduğu görülmektedir. Mastitisli 43 ineğin, 28'inin sağlıklı (0), 15 tanesinin ise mastitisli olduğu, duyarlılığın ise %34.9 olduğu görülmektedir. Genel olarak tüm verilerin doğru sınıflandırma oranı %84.4 olarak belirlenmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Sınıflandırma tablosu

Gözlemler		Tahminler		
		Mastitis		Doğruluk Yüzdesi
		0	1	
Mastitis	0	147	2	98.7
	1	28	15	34.9
Genel				84.4

Süt verim (süt verimi (SV), sağımda geçen gün (SGG), sütün donma noktası (DN), pH ve elektrik iletkenliği) ve sütün renk (L (parlaklık), a (kırmızılık) ve b (sarılık)) renk özellikleri kullanıldığında lojistik regresyona ait parametre tahminleri ve odds oranları sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir.

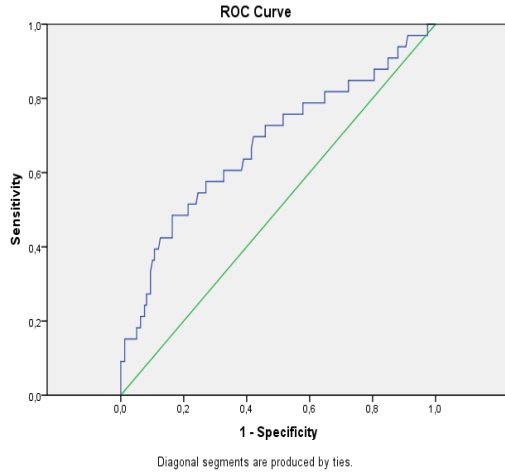
Çizelge 6. Süt verim ve renk özellikleri kullanıldığında Lojistik regresyona ait parametre tahminleri ve odds oranları sonuçları

Değişkenler	Beta katsayıları	Standart Hata	Ki-Kare Değeri	P Değeri	Odds oranları	%95 Güven Aralıkları (Odds)	
L	-0.187	0.062	2.121	0.145	0.830	0.645	1.067
a	-0.478	0.004	1.132	0.287	0.620	0.257	1.495
b	-0.472	7.794	8.967	0.003	1.604	1.177	2.185
SV	-0.001	0.062	0.000	0.987	0.999	0.867	1.151
SGG	-0.003	0.004	0.588	0.443	0.997	0.990	1.004
DN	-4.264	7.794	0.189	0.664	0.014	0.000	3094618
pH	3.290	2.242	1.888	0.169	26.856	0.246	2934
Eİ	2.606	0.731	8.642	0.003	13.549	2.384	77.018
Constant	-26.903	25.197	1.140	0.286			

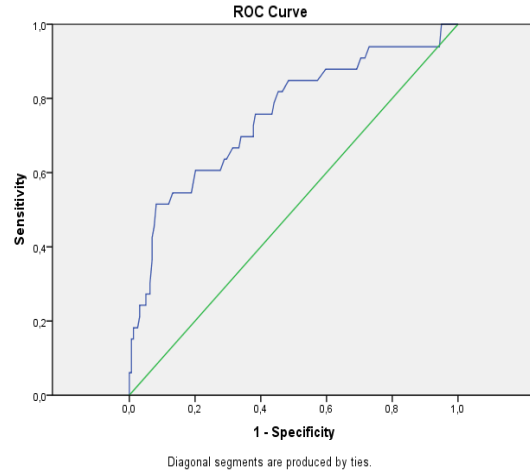
Çizelge 6'da yer alan regresyon (beta) katsayıları, denklemde yer alan bağımsız değişkenlerin katsayıları olup bu katsayıları dikkate alarak model aşağıdaki gibi oluşturulabilir.

$$\text{Logit}(M) = -26.903 - 0.187L - 0.478a - 0.001SV - 0.003SGG - 4.264FP + 3.290pH + 2.606Eİ$$

Oluşturulan lojistik regresyon modelindeki regresyon (beta) katsayıları, standart hataları, Wald istatistiğine göre Ki-Kare değerleri, önemlilik (P değerleri), odds oranları (Exp(B)) ve %95 güven aralıkları görülmektedir. Çizelge 6'dan L (parlaklık), a (kırmızılık), süt verimi (SV), sağımda geçen gün (SGG), sütün donma noktası (DN), pH değerlerinin mastitise yakalanma olasılığına etkisinin istatistik olarak önemli olmadığı görülmektedir. Çizelge 6'daki beta (regresyon) katsayıları incelendiğinde sütteki sarılığın (b) azalması ve elektrik iletkenliğinin (Eİ) artması ile çalışmada incelenen diğer bağımsız değişkenlere oranla mastitisi doğru teşhis etme olasılıklarının daha yüksek olacağı bulunmuştur. Odds oranları incelendiğinde de sütteki sarılık (b) ve elektrik iletkenliğinin (Eİ) güven aralıkları içinde tespit edilmiştir.



Şekil 1. Sütteki sarılık (b) ve CMT skorlarının ROC eğrisi



Şekil 2. Sütteki elektrik iletkenliği (Eİ) ve CMT skorlarının ROC eğrisi

Logistik regresyon sonucu istatistik olarak önemli bulunan sütteki sarılık (b) ve elektrik iletkenliği özelliklerinin CMT skorlarına göre yapılan ROC eğrileri Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmiştir. Sarılık (b) özelliğinin eğri altında kalan alan 0.674 ve istatistik olarak önemli bulunmuş olup, % 95 güven aralığı ise 0.584-0.784 arasında yer aldığı belirlenmiştir (P<0.05). Elektrik iletkenliği (Eİ) ise eğri altında kalan 0.753 ve istatistik olarak önemli bulunmuş olup % 95 güven aralığı ise 0.654-0.852 arasında yer aldığı tespit edilmiştir (P<0.01). Her iki değişkeninin odds oranları yardımıyla tespit edilen kesim noktaları (cut off) ve odds oranları ise sarılık (b) 4.96-12.05 ve elektrik iletkenliğinin (Eİ) ise 5.34-24.09 olarak belirlenmiştir.

Sonuçlar ve Öneriler

Sonuçlar

Analiz sonuçları incelendiği zaman sadece süt özellikleri ele alındığında elektrik iletkenliğinin mastitisin teşhisinde önemli olduğu, elektrik iletkenliğinin (mS/cm) artması sonucunda işletmede bulunan hayvanların mastitise yakalanma olasılığını teşhis etme olasılığının arttığı belirlenmiştir. Sadece sütün renk özelliklerine bakıldığında ise parlaklığın (L) azalması ve b (sarılık) değerinin artması sonucunda işletmede bulunan

hayvanların mastitise yakalanma olasılığını teşhiste isabet artmaktadır. Süt verim özellikleri ve renk özellikleri birlikte incelendiğinde ise hem elektrik iletkenliği hem de b renk özelliği logistik regresyon ile mastitisin teşhisinde istatistik olarak önemli olmuşlardır. Elektrik iletkenliğindeki artış, b renk özelliğindeki azalış ise mastitise yakalanma olasılığını teşhisteki isabeti artırmaktadır.

Süt verim ve renk özellikleri kullanılarak mastitisin teşhisinde duyarlılık (testin mastitist olan inekleri belirleme gücünü belirtmektedir) %34.9 olarak bulunmuştur. Bu değer hayvancılık uygulamalarında mastitisin teşhisi için yeterli olmayabilir. Mastitisi hayvanları teşhis etmek kadar, sağlıklı hayvanlarında doğru olarak belirlenmesi hayvancılık pratiğinde önemlidir. Ancak, mastitist olmayan hayvanları belirleme gücünü belirten özgüllük oranı %98.7 ve testin doğru sonuç oranı ise %84.4 gibi yüksek sayılabilecek değerler almıştır. Bu sonuç lojistik regresyon analizinin mastitisi teşhis etmede kullanılabileceğini göstermektedir.

Öneriler

Bağımlı değişkenin kesikli olduğu durumlarda bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi klasik regresyon analizi ile incelemek doğru bir yaklaşım değildir. Bu gibi durumlarda sınıflama ve atama işlemlerinin yapılabilmesi, normal dağılım ve süreklilik varsayımı gerektirmemesi nedeniyle lojistik regresyon analizine başvurulmalıdır.

Çalışma sonuçlarına dayanarak mastitisin tespitinde elektrik iletkenliği ve renk özelliklerinden parlaklık (L) ve sarılık (b) önemli bulunmuş olup sağım sistemleri bünyesinde bulunan elektrik iletkenliği ölçümlerinin düzenli olarak kontrolü ile mastitis nedeniyle oluşabilecek işletmeye zarar verecek düzeydeki ekonomik kayıpların önlenileceği söylenebilir.

Kaynaklar

- Alpar, R. (2011), Çok değişkenli istatistiksel yöntemler. Detay Yayıncılık, Ankara, 286-301.
- Akşahan, R., Keskin, İ. (2015). Sığırlarda besi sonu canlı ağırlığını etkileyen bazı vücut ölçülerinin regresyon ağacı yöntemi ile belirlenmesi. Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi, 2(1), 53-59.
- Altay, Y., Kılıç, B., Aytekin, İ., Keskin, İ. (2019). Determination of factors affecting mastitis in Holstein Friesian and Brown Swiss by Using Logistic Regression Analysis. Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences, 33(3), 194-197.
- Atasever, S., Erdem, H. (2008). Relationships between mastitis and electrical conductivity of raw milk in dairy cows. Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 23(2), 131-136. (Turkey).
- Aytekin, İ., Boztepe, S. (2014). Süt sığırlarında somatik hücre sayısı, önemi ve etki eden faktörler. Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology 2(3):112-121.
- Aytekin, İ., Mammadova, N. M., Altay, Y., Topuz, D., Keskin, İ. (2016). Determination of the factors affecting lactation milk yield of Holstein Friesian cows by the path analysis. Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences, 30(1), 44-48.
- Aytekin, İ., Eydurhan, E., Karadas, K., Aksahan, R., Keskin, I. (2018). Prediction of fattening final live weight from some body measurements and fattening period in young bulls of crossbred and exotic breeds using mars data mining algorithm. Pakistan Journal of Zoology, 50(1).
- Boztepe, S., Aytekin, İ., Zulkadir, U. (2015). Dairy Cattle. 1st Edition. Selçuk University Publishing, Konya.
- Caraviello, D. (2004). Selection for clinical mastitis and somatic cell count. The Babcock Institute University of Wisconsin. Dairy Updates. Reproduction and Genetics No: 613.
- Erdem, H. (2005). Sağım ve sağım hijyeni. AB sürecinde kaliteli süt üretimi ve somatik hücre sayısı. Güzeliş Ofset Matbaa, 36-56, Konya.
- Kamphuis, C., Pietersma, D., Van der Tol, R., Wiedemann, M., Hogeveen, H. (2008). Using sensor data patterns from an automatic milking system to develop predictive variables for classifying clinical mastitis and abnormal milk. Computers and Electronics in Agriculture, 62 (2), 169-181.

- Kirk, J. (2005). The effect of poor quality raw milk on finished products. Extension Veterinarian School of Veterinary Medicine University of California Davis Tulare, CA.
- Mammadova, N., Keskin, İ. (2013). Application of the support vector machine to predict subclinical mastitis in dairy cattle. *The Scientific World Journal*, 2013.
- Mammadova, N. M., Keskin, I. (2015). Application of neural network and adaptive neuro-fuzzy inference system to predict subclinical mastitis in dairy cattle. *Indian J. Anim. Res*, 49 (5), 671-679.
- Özdamar, K. (1999). Paket programlar ile istatistiksel veri analizi. Kaan Kitabevi, Eskişehir.
- Rice, D. N., Bodman, G. R. (1997). The somatic cell count and milk quality. Cooperative Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources.
- Tekeli, T. (2005). Kaliteli süt, AB sürecinde kaliteli süt üretimi ve somatik hücre sayısı. Konya Ticaret Borsası Yayını, 8-18.