

## LAKTASYONUN BİYOMETRİSİ

Ömer AKBULUT (1)  
Hüdaverdi BİRCAN (1)  
Naci TÜZEMEN (1)

**ÖZET :** *Laktasyon eğrisinin matematik ifadelerle açıklanması birçok araştırmaya ve çalışmaya konu teşkil etmiştir. Laktasyon eğrisinin şeklini ve laktasyonun devamlılık derecesini belirlemede birçok metodlar kullanılmaktadır. Bu metodlar, genel olarak, oran metodları, laktasyonu kısımlara ayırma metodları ve tüm laktasyonu kapsayan fonksiyonel metodlar olarak üç ana gruba ayrılmaktadır.*

*Literatürde yaygın olarak kullanılan oran metodları; P<sub>2/1</sub> metodu, P<sub>3/1</sub> metodu, Nispi Devamlılık Derecesi ve Tomax metodlarıdır. Fonksiyonel metodlardan ise; Linear Regresyon metodu, İnvers Polinom metodu kullanılmakla beraber, son yıllarda devamlılık derecesinin ve laktasyon eğrisinin belirlenmesinde Gamma fonksiyonu ve Modifiye Gamma fonksiyonu en yaygın olarak kullanılan metodlardır ve gerçek laktasyon eğrisi ile iyi bir uygunluk vermektedirler.*

### GİRİŞ

Sığırlarda laktasyon buzağılama ile başlamaktadır. Genellikle, buzağılamayı takip eden ilk iki ayda süt verimi tedricen artarak maksimum bir düzeye ulaşmaktadır. Bir süre bu seviye muhafaza edilmekte ve sonraki aylardabaşlangıçtaki artıştan daha düşük bir hızla süt verimi azalarak hayvanın kuruya çıkması ile laktasyon sona ermektedir. Süt veriminde, buzağılama ile başlayıp kuruya çıkma ile son bulan bu değişiklikler "laktasyonun seyri", "laktasyonun akışı" veya "laktasyon eğrisi" (lactation curve) olarak adlandırılmaktadır. Laktasyon eğrisinin matematiksel açıklaması da laktasyonun biyometrisi (biometri of lactation) olarak nitelendirilmektedir.

Wood (1967), laktasyon eğrisinin konfigürasyonunun ekonomik olarak önemli olduğunu, laktasyon süresince fazla değişiklik göstermeden süt veren bir ineğin, sütün büyük bir kısmını laktasyonun başlangıcında az bir kısmını ise sonraki bölümde veren diğer bir ineğe tercih edileceğine dikkat çekmiştir. Burada ilk hayvanın laktasyon eğrisi

(1) Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Erzurum.

"düz laktasyon eğrisi" (flat lactation curve), ikinci hayvana ait laktasyon eğrisi ise "dik laktasyon eğrisi" (steep lactation curve) olarak adlandırılmaktadır.

Aynı miktarda toplam süt verimine sahip iki inekten düz laktasyon eğrisine sahip bir ineğin, dik laktasyon eğrisine sahip diğer bir ineğe göre birçok avantajları olduğu bildirilmiştir (Zimmerman ve Sommer, 1973; Gravert ve Baptist, 1973; Madsen, 1975).

Düz laktasyon eğrisine sahip ineğin bu avantajları ;

1- Daha az kesif yeme ihtiyaç göstermesi, yemlemenin daha ekonomik ve etkili yapılabilmesi,

2- Laktasyon boyunca eşit işgücü kullanımına imkan vermesi,

3- Yüksek verimli ineklerin daha az strese ve fizyolojik yüke sahip olması, buna bağlı olarak daha az üreme ve metabolik hastalık (asetonemia) riski, dolayısıyla düşük veteriner hizmeti ihtiyacı göstermesi,

4- Dik laktasyon eğrisine sahip ineklere göre, daha yüksek döl verimine sahip olması, olarak bildirilmiştir.

#### DEVAMLILIK DERESESİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN METODLAR

Literatürde, laktasyon eğrisinin şekli (the shape of lactation curve) birçok laktasyon devamlılık ölçüsü (persistency of lactation) kullanılarak açıklanmaya çalışılmıştır. Schneeberger (1978) tarafından,

1- Oran yoluyla,

2- Laktasyonun çeşitli kısımlara ayrılması yoluyla,

3- Tüm laktasyonu ihtiva eden bir fonkiyon yoluyla, olmak üzere laktasyonun devamlılık derecesinin belirlenmesinde kullanılan metodlar üç ana gruba ayrılmıştır.

Bu çalışmada, laktasyon eğrisinin şeklini ve laktasyonun devamlılık derecesini belirlemede kullanılan metodları, kronolojik olarak derlemek ve üretimin etkinliği açısından, birlikte ele almak amaçlanmıştır.

#### Oran Yoluyla Laktasyonun Devamlılık Derecesinin Tespiti

Oran yoluyla laktasyonun devamlılık derecesinin tespitinde çok çeşitli oranlar kullanılmaktadır. Bunlardan en yaygın olarak kullanılanları şunlardır :

$$P = (X / x_{max}) / (X / x_{max}) \dots\dots\dots 1.1$$

Sanders (1923) tarafından, "Shape Figure" olarak isimlendirilen bu metot da;

X: Laktasyon süt verimini,

$x_{max}$  : Maksimum günlük süt verimini,

X: Ortalama laktasyon süt verimini (ırk için),

$x_{max}$ : Ortalama günlük maksimum süt verimini (ırk için) göstermektedir.

Horn ve ark., (1961), laktasyon süt verimindeki azalmayı "Dohy kayıp değeri" ile belirlemişlerdir. Bu değerın hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$P = (Sd_1 + Sd_2) / M \quad \dots\dots\dots 1.2$$

$$Sd_1 = (x_i - M)$$

$$Sd_2 = (x_i - x_{i-1})$$

Burada;  $x_i$ : i. ayda ortalama günlük süt verimi,

M: En yüksek günlük süt verimi ortalamasına sahip aya ait ortalama günlük süt verimidir.

Johansson ve Hansson (1940), bugün yaygın olarak kullanılan ve 2/1 veya 3/1 oranı olarak bilinen oran metodlarını önermişlerdir.

$$P_{2:1} = x_{101-200} / X_{1-100} \quad \dots\dots\dots 1.3$$

veya

$$P_{3:1} = X_{201-301} / X_{1-100} \quad \dots\dots\dots 1.4$$

Burada ;  $X_{n-m}$ , laktasyonun n. gününden m. gününe üretilen süt miktarıdır.

Decking (1965) tarafından, her laktasyon ayı için devamlılık derecesi indeksi geliştirilmiştir. Buna göre;

$$I_1 = X_{I+1} / X_I \quad 1 = 1, 2, 3, \dots\dots\dots, 9$$

$X_I$ , 1. laktasyon ayında kontrol günü süt verimidir.

Herbir laktasyon ayı için hesaplanan devamlılık indeksi değerlerinin ortalaması alınarak toplam devamlılık derecesi hesaplanmaktadır. Yani,

$$P_T = (I_1 + I_2 + \dots\dots\dots + I_9) / 9 \quad \dots\dots\dots 1.5$$

Devamlılık derecesinin belirlenmesinde kullanılan bir diğer oran metodu "Nispi Devamlılık Derecesi" olarak adlandırılmaktadır (Baric, 1970).

$$Pr = (Pa / M) \cdot 100 \quad \dots\dots\dots 1.6$$

Burada,

Pa: Toplam devamlılık derecesini, yani aydan aya günlük süt verimindeki ortalama azalmayı,

M: Laktasyonunun 2. ayından 10. ayına kadar ortalama günlük süt verimini

göstermektedir.

Madsen (1975) tarafından bildirilen ve "tomax" olarak adlandırılan oran metodu ise aşağıdaki gibidir.

$$P = SV / \text{Maxgv} \dots\dots\dots 1.7$$

Burada;

SV: 305 günlük laktasyon süt verimini,

Maxgv : Buzağılamadan sonra elde edilen maksimum günlük süt verimini göstermektedir.

#### Laktasyonu Çeşitli Kısımlara Ayırarak Laktasyon Seyrinin Tespiti

Bu metotla laktasyon eğrisi, genel olarak üç kısma ayrılarak incelenmektedir.

1. Kısım : Laktasyonun başlangıcından maksimum günlük süt verimine ulaşılan devredir.

2. Kısım : Maksimum günlük süt veriminin elde edilmesinden laktasyonun yeni gebelik tarafından önemli ölçüde etkilendiği zamana kadar olan devredir.

3. Kısım : Laktasyonun kalan döneminden kuruya çıkma dönemine geçen devredir.

Laktasyonun ikinci kısmı aşağıdaki linear regresyon modeliyle açıklanmaktadır.

$$Y_n = a + b.1/n + c.log(n)/n \dots\dots\dots 2.1$$

Osterkorn (1974) ise, laktasyonun birinci kısmının parabolik, ikinci kısmının linear ve üçüncü kısmının ise hiperbolik fonksiyonlarla açıklanabileceğini bildirmiştir.

#### Tüm Laktasyonu Kapsayan Bir Fonksiyon kullanılarak Laktasyonun Devamlılık Derecesinin Tespiti

##### Linear Regresyon Metodu

Birçok araştırmacı laktasyon eğrisinin belirlenmesinde ve devamlılık derecesinin tespitinde linear regresyon metodunu kullanmışlardır. Regresyon eşitliği;

$$Y_n = a + b.n, \dots\dots\dots 3.1$$

ifadesinde; a, teorik olarak laktasyonun başlangıcındaki süt verimini b, ise laktasyonun devamlılık derecesini (persistency) göstermektedir.

##### İnvers Polinom Metodu

İnvers polinom metodu ile laktasyon eğrisinin iyi bir uygunluğu Nelder (1966)

tarafından, elde edilmiştir. Model,

$$Y_n = n / (A_0 + A_1n + A_2n^2)$$

veya

$$1/Y_n = A_0 + A_1n + A_2n^2 / n \dots\dots\dots 3.2$$

dir. Burada,

$Y_n$  : n. haftadaki ortalama günlük süt verimini,

$A_0$  : pik verime kadar ortalama verim artış oranını,

$A_1$  : laktasyon eğrisinin ortalama eğimi,

$A_2$  : pikten sonra verimdeki azalış oranını göstermektedir.

#### Üstel Fonksiyon Metodu

Gaines (1927) tarafından, laktasyonun başlangıcında verim artışını dikkate almayan aşağıdaki model kullanılmıştır.

$$Y_n = A.e^{-kn} \dots\dots\dots 3.3$$

Burada, A : Teorik başlangıç verimini,

k: Laktasyon eğrisindeki düşüş derecesini veya devamlılık derecesini göstermektedir. Bu methoda ayrıca Persistency değeri,

$$P = 100 - (k.100)$$

ifadesi ile de belirlenmektedir.

#### Gamma Fonksiyon Metodu veya Wood Modeli

Wood (1967) laktasyon süt verimi seyrini zamanın bir fonksiyonu olarak ele almış ve bir gamma eğrisi ile açıklanmıştır. Birçok çalışmada yazarın adı ile anılan Wood Modeli,

$$Y_t = A.t^b . e^{-ct} \dots\dots\dots 3.4$$

dir. Burada,

$Y_t$  : Laktasyonun t. günündeki süt verimini,

t : Buzağılamadan günlük süt veriminin ölçüldüğü güne geçen süreyi,

e : Tabii logaritma tabanını göstermektedir.

A,b,c : Laktasyon eğrisine ait parametreler olmak üzere;

A : Eğrinin Y eksenini kestiği noktayı (intercept),

b : Laktasyonun başlangıcında eğrinin yükselmesini,

c : en yüksek düzeye ulaştıktan sonra eğrinin düşüşünü gösteren katsayıdır.

### Modifiye Edilmiş Gamma Fonksiyonu Modeli

Bu model Grossman ve ark. (1986) tarafından, Wood (1967) Modelinin modifikasyonu ile elde edilmiştir. Modelde yukarıda açıklanan gamma fonksiyonu modeline ek olarak buzağılama sezonundan kaynaklanan varyasyon da dikkate alınmaktadır. Bu durumda model,

$$Y_t = A.t^b . e^{-ct} . (1 + u.\sin(x) + v.\cos(x)) \dots\dots\dots 3.5$$

olarak ele alınmaktadır. Gamma modelinden farklı olarak bu modelde yer alan x, radyan olarak verimin ölçüldüğü yıl gününü; u ve v ise, buzağılama mevsimi varyasyonlarını dikkate alan katsayılarıdır.

Gerek gamma fonksiyonu gerekse modifiye gamma fonksiyonu doğrusal değildirler. Doğrusal olmayan modellerde parametrelerin tahmini şüphesiz doğrusal modellerden daha zordur. İşlem kolaylığı sağlamak için gamma fonksiyonu modellerinin tabii logaritması alınırsa modeller,

$$\ln(Y_t) = \ln A + b.\ln t - c.t, \dots\dots\dots 3.6$$

$$\ln(Y_t) = \ln A + b.\ln t - c.t + u.\sin(x) + v.\cos(x) \dots\dots\dots 3.7$$

şekline dönüşür. Bu modellerde katsayılar, çoklu linear regresyon metodu kullanılarak tahmin edilebilir. Daha açık bir ifade ile, 3.6 numaralı eşitlikteki katsayıları tahmin etmek için günlük süt verimlerinin tek tek tabii logaritması alınır. Ayrıca laktasyon günleri -1 ile çarpılır. Daha sonra 3.6 numaralı eşitlikte görüldüğü gibi günlük süt veriminin tabii logaritmasının laktasyon gününün tabii logaritmasına ve ters işaretli ifadesine çoklu linear regresyonu hesaplanır. 3.7 numaralı eşitlikte ayrıca kontrol günlerine tekabül eden yıl günlerinin sinüs ve cosinüsleri de hesaplamaya katılmış ve regresyon eşitliğindeki faktör sayısı dörde çıkmıştır.

Gamma fonksiyonu modelinde laktasyonun devamlılık derecesinin ölçüsü,

$$S = - (1+b) . \ln c \text{ veya } S = c^{-b+1}$$

olarak verilmiştir ve toplam verim ile ilişkilidir ( $Y \sim ae^S$ ).

Tüm laktasyonu ihtiva eden bir fonksiyon kullanılarak laktasyonun devamlılık derecesini hesaplama metodları aynı zamanda laktasyon süt veriminin tahmini (prediction) içinde kullanılabilir. Özellikle kısmi verimlerden laktasyon süt veriminin hesaplanmasında bu metodlardan biri kullanılmaktadır. Laktasyon süt verimi laktasyon eğrisinin altındaki bölgenin alanına eşit olduğuna göre, uygun laktasyon eğrisini veren her modelle aynı zamanda laktasyon süt verimi de hesaplanabilir.

Ayrıca gamma fonksiyonu parametreleri kullanılarak aşağıdaki formüllerle maksimum günlük süt verimi ( $Y_{max}$ ) ve bu verime ulaşılan laktasyon günü ( $t_{max}$ ) de

hesaplanabilmektedir.

$$Y_{\max} = A. (b/c)^b e^{-b},$$

$$t_{\max} = b/c$$

dir.

Laktasyonun devamlılık derecesini veya laktasyon eğrisinin şeklini belirlemek için, burada verilen metodların modifikasyonu ile veya orijinal modele yeni terimlerin eklenmesi ile geliştirilmiş birçok modeller mevcuttur. Örneğin Papajcsik ve Bodero (1988), 20 farklı fonksiyonel modeli laktasyon eğrisini belirleme bakımından hata kareler ortalamasının büyüklüğünü kriter olarak karşılaştırmışlardır. Bu modellerden 10 tanesi orijinal 10 tanesi ise literatürde verilen modellerden araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. Araştırmanın sonucuna göre Wood Modeli ve onun modifiye edilmiş şekli yukarıdaki kritere göre en iyi sonucu vermiştir.

Oran ve basit regresyon metodlarını kullanarak devamlılık derecesini belirleyen ve metodları karşılaştıran çalışmalar mevcut ise de (Madsen, 1975; Yıldırım ve Tuncel, 1983; Leukleunen, 1985) son yıllarda daha çok kullanılan ve birbirleriyle karşılaştırılan metodlar fonksiyonel metodlardır (Pade, 1985; Goel ve Tomar, 1985; Batra, 1986; Alı ve Schaeffer, 1987; Papajcsik ve Bodero, 1988).

Bu çalışmada yaygın olarak kullanılan ve orijinal olarak kabul edilen genel metodlar ve modeller ele alınmış, türev modellere değinilmemiştir.

#### KAYNAKLAR

- Alı, T.E., L.R. Schaeffer, 1987. Accounting for Covariances Among Test Day Milk Yields in Dairy Cows. Canadian J. Anim. Sci. 67: 637-644.
- Baric, S., 1970. A Method of Unbiased Evaluation of Lactation Persistency. (Schneeberger, 1978).
- Batra, T.R., 1986. Comparison of Two Mathematical Models in Fitting Lactation Curves for Pureline and Crossline Dairy Cows. Canadian J. Anim. Sci. 66 : 405-414.
- Decking, J., 1969. Die Persistenz der Milch und Fettleistungen im Verlauf der Laktation beim Schweizerisc. Braunvieh in Abhängigkeit von Umwelt und Vererbung. Z. Tierzüchtung und Züchtungsbiologie. 81 : 260-292.
- Gaines, W.L., 1927. Persistency of Lactation in Dairy Cows. Univ. of Illinois. Agricultural Experiment Station. (Schneeberger, 1978).

- Goel, M.C., N.S. Tomar, 1985. Phenotypic Studies of Lactation Curve in Haryana Cows. *Anim. Breed. Abst.* 53, (11), 6874.
- Grawert, H.O., R. Baptist, 1973. Soll Man Kühe mit Besseren Laktationskurven Züchten. *Züchtungskunde*, 45 : 13-21.
- Grossman, M., A.L. Kuck, H.W. Norton, 1986. Lactation Curves of Purbred and Crossbred Dairy Cattle. *J.Dairy. Sci.* 69 : 195-203.
- Horn, A., J.Dohy, S.Bozo, 1961. Persistenz, Euterkapazität und Melkbarkeit bei Jersey- Kreuzungen. *Archiv der Tierzucht.* 4: 11-26.
- Johansson, I., A. Hansson, 1940. Causes of Variation in Milk and Butterfat Yield of Dairy Cows. (Schneeberger, 1978)
- Leukkunen, A., 1985. Genetic Parameters for the Persistency of Milk Yield in the Finnish Ayrshire Cattle. *Z. Tierzüchtung und Züchtungsbiologie.* 102 : 117-124.
- Madsen, O., 1975. A Comparison of Some Suggested Measures of Persistency of Milk Yield in Dairy Cows. *Anim. Prod.* 20 : 191-197.
- Nelder, J.A., 1966. Inverse Polynomials, a Useful Group of Multifactor Response Functions. *Biometrics*, 22 : 128-144.
- Osterkorn, K., 1974. Eine neue Methode zur Schätzung von Laktationsleistungen. *Z. Tierzüchtung und Züchtungsbiologie.* 91 : 345-350.
- Pande, A.M., 1985. Studies on the Lactation Curve and Components of Lactation Curve in Gaolao and its Crosses With Exotic Breeds. *Abst.* 53 55) 2649.
- Papajcsik, I.A., Bodero, 1988. Modelling Lactation Curves of Friesian Cows in a Subtropical Climate. *Anim. Prod.* 47 : 201-207.
- Sanders, H.G., 1923. The Shape of Lactation Curve. *J. Agric. Sci.* 13 : 169-179. (Schneeberger, 1978).
- Schneeberger, M., 1978. Der Verlauf der Laktationskurve und die Schätzung der Milchleistung beim Schweizerischen Braunvieh. *Technischen Hochschule Zürich. Diss. No : 6168.*
- Wood, P.D.P., 1967. Algebraic Model of the Lactation Curve in Cattle. *Nature.* 216 : 164-165.
- Yıldırım, Z., E. Tuncel, 1983. Yerlikara Sığırlarda Süt Verimi ile İlgili Bazı Özellikler, Süt Verimine Ait Persistensi Değerleri Arasındaki Fenotipik İlişkiler. *Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 2(1) 19-31.
- Zimmerman, E., H.Sommer, 1973. Zum Laktations Verlauf von Kühen in Hochleistungsherden und Dessen Beeinflussung Dur Nichterbliche Faktoren. *Züchtungskunde.* 45 : 75-87.