

Ticari Etlik Piliçlerde Büyüme Eğrilerinin Doğrusal Olmayan Modeller Kullanılarak Karşılaştırılması

Hasan Eleroğlu^{1*}, Hüdaverdi Bircan², Arda Yıldırım³, Firdes Kılıç⁴

ÖZ: Ticari etlik piliçlerde büyümenin doğrusal olmayan modeller kullanılarak karşılaştırılması amacıyla yapılan bu araştırmada, ticari Ross 308 olarak adlandırılan hattın cinsiyet ayrımı yapılmış 240 adet günlük yaşta etlik civcivler kullanılmıştır. Günlük etlik civcivler her bölmede 10 erkek ve 10 dişi olacak şekilde erkek – dişi karışık 20 hayvan, 3 tekerrürlü tesadüf parselleri deneme düzeninde rastgele dağıtılmışlardır. Altı haftalık deneme süresince haftalık bireysel tartımlar yapılarak canlı ağırlık verileri toplanmıştır. Büyüme eğrilerinin karşılaştırılması amacıyla Gompertz ve Lojistik modeller kullanılmıştır. Gompertz ve Lojistik modellerde ergin ağırlıklar (β_0) sırasıyla 4364,53 ve 3010,32 g olarak bulunmuştur. İntegrasyon katsayısı (β_1) değeri Gompertz modelde 4.62 olarak hesaplanmasına karşın Lojistik modelde bu değer 31.52 olarak Gompertz modele göre daha yüksek hesaplanmıştır. Anlık büyüme oranı (β_2) değeri Gompertz ve Lojistik modeller için sırasıyla 0.356 ve 0.835 olarak gerçekleşmiştir. Bükülme Noktası Yaşı (BNY) Gompertz ve Lojistik modellerde sırasıyla 4.31 ve 4.13 hafta, Bükülme Noktası Ağırlığı (BNA) sırasıyla 1605.79 ve 1505.16 g olarak tahmin edilmiştir. En çok büyüme hızı (EBH) Gompertz ve Lojistik modellerde sırasıyla 568.82 ve 628.17 g olarak bulunmuştur. Her iki modelden de hesaplanan Belirleme katsayısı (R^2) ve Düzeltilmiş R^2 değerleri 0.997-0.999 arasında değişmektedir.

Anahtar kelimeler: Etlik piliç, Büyüme eğrisi, Modelleme, Gompertz, Lojistik

Geliş Tarihi: 18/12/2016

Kabul Tarihi: 25/12/2016

Comparison of Growth Curve Using Some Nonlinear Models in Broiler Production

ABSTRACT: In this study, which was conducted to compare the growth of commercial broiler chicks using non-linear models, 240-day old (gender-diverged) called Ross 308 broilers were utilized. They were divided into 20 chicks with 10 males and 10 females per section (mixed male and female) and were randomly distributed into 3 repetitions in randomized block design. During the six-week trial performed weekly individual weighing body weight data were collected. Gompertz and Logistic Models were used to compare growth curves. In Gompertz and Logistic Models, adult weights (β_0) were found as 4364.53 and 3010.32 g respectively. Although the integration coefficient (β_1) is calculated as 4.62 in the Gompertz model, this value is 31.52 in the logistic model, which is higher than the Gompertz model. The instantaneous growth rate (β_2) was 0.356 and 0.835 for Gompertz and Logistic Models, respectively. The Bending Point Age (BNY) was estimated to be 4.31 and 4.13, the Bending Point Weight (BNA) was estimated to be 1605.79 and 1505.16 g weeks in Gompertz and Logistic Models, respectively. The highest growth rate (EBP) was found to be 568.82 and 628.17 g respectively in Gompertz and Logistic Models. The coefficient of determination (R^2) and adjusted coefficient of determination (adj. R^2) values calculated from both models range from 0.997 to 0.999.

Keywords: Broiler Chicken, Growth curve, modelling, Gompertz, Logistic

GİRİŞ

Canlılarda büyüme protein, yağ, su ve kül depolanması olarak tanımlanmaktadır (11). Belirli bir zaman sürecinde meydana gelen canlı ağırlık artışı büyüme eğrisi modelleri kullanılarak açıklanmaktadır (9, 23). Endüstriyel etlik piliç yetiştiriciliğinde bükülme noktasına kadar başlangıçta hızlı gelişme, bükülme noktası sonrası ergin ağırlığa kadar yavaşlayan ve durağan olan farklı büyüme hızlarının bulunduğu dönemler bulunmaktadır. Bu tipte bir değişimin açıklanması için doğrusal modeller yerine doğrusal olmayan sigmoidal fonksiyonların kullanılması söz konusu olmaktadır (6). Büyüme eğrilerinin şekli üzerine birçok faktör etkili olmakta (8), canlı türüne, ırkına, çevre şartlarına, hayvanın cinsiyetine, yaşına ve ölçülen karakterin yapısına göre farklılık göstermektedir (9, 27).

Büyümenin modellenmesinde doğrusal olmayan regresyon eşitliklerinden Gompertz, Richards, Bertalanffy, Brody, Lojistik, Negatif Üstel, Morgan-Mercer Flodin ve son zamanlarda da Hiperbolastik modeller (1, 2, 12) kullanılarak en uygunun belirlenmesi amacıyla farklı canlı türlerinde çalışmalar uzun süredir devam etmektedir (17). Bu modeller kullanılarak hayvanların genel sağlık durumu, beklenen büyüme performansı, damızlık yaşı ve en uygun kesim yaşı gibi yetiştiricilikte yaygın kullanılan parametreler tahmin edilebilmektedir (3, 6, 25).

Canlılarda büyüme sürecinin açıklanmasında, biyolojik olarak anlamlandırılabilen 3 ya da 4 parametrelilik (4, 17) doğrusal olmayan eşitliklerden elde edilen parametreler kullanılmaktadır (23). Modellerden elde edilen

¹Cumhuriyet Üniversitesi, Şarkışla Aşık Veysel MYO, 58400 Şarkışla/Sivas, Türkiye

²Cumhuriyet Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, 58146 Sivas, Türkiye

³Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, 60235 Tokat, Türkiye

⁴Orta Karadeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 60000 Taşlıçiftlik/Tokat, Türkiye

*Sorumlu yazar: Hasan Eleroğlu, e-mail: eleroglu@cumhuriyet.edu.tr

parametrelerin istatistiksel anlamlarının yanında biyolojik olarak da açıklanabilir olması da gerekmektedir (4, 13).

Bu çalışmada amacı, etlik piliçlerin gelişmelerini doğrusal olmayan yöntemlerden Gompertz ve Lojistik kullanarak katalog değerleri ile karşılaştırılmıştır.

MATERYAL ve METOT

Araştırmada ticari Ross 308 olarak adlandırılan hattın cinsiyet ayrımı yapılmış 240 adet günlük yaşta etlik civcivler kullanılmıştır. Günlük etlik civcivler her bölmede 10 erkek ve 10 dişi olacak şekilde erkek – dişi karışık 20 hayvan, 3 tekerrürlü tesadüf parselleri deneme düzeninde rastgele dağıtılmışlardır. Araştırmada; NRC standartlarına (19) uygun olarak hazırlanmış yemler kullanılmıştır. Büyütme dönemi süresince ilk 0 – 21 gün süreyle %22 Hamprotein ve 3000 Kcal/kg Metabolik Enerji içeren, 21 – 35 gün süreyle %20 Hamprotein ve 3100 Kcal/kg

Metabolik Enerji içeren ve kesim yaşı olan 35 – 42 gün süre içerisinde ise %18 Hamprotein ve 3100 Kcal/kg Metabolik Enerji içeren yemler ad-libitum olarak verilmiştir (Çizelge 1).

Büyüme eğrilerine ait parametrelerin hesaplanmasında kullanılmak üzere 42 günlük besi süresinde haftalık bireysel tartılarla canlı ağırlık verileri toplanmıştır.

Büyüme değerlerinin karşılaştırılması amacıyla kullanılan Gompertz ve Lojistik modellere ilişkin eşitlik ve parametreler Çizelge 2'de verilmiştir. Kullanılan modellerde; β_0 ergin ağırlığı, β_1 integrasyon katsayısını, β_2 ise anlık büyüme oranını ifade etmektedir (26). Katalog verileri, kullanılan hat için tüm çevre koşullarının en uygun olduğu değerleri içerdiğinden, büyüme modellerinin karşılaştırılmasında araştırmada Ross 308 ticari hattın beklenen katalog değerleri (21) referans değer olarak kullanılmıştır.

Çizelge 1. Karma yemlerin ham maddeleri ve hesaplanan besin madde içerikleri

Yem Bileşenleri	0–11 gün	11–21 gün	21–35 gün	35–42 gün
Mısır	54.29	55.28	57.68	61.66
Soya küspesi	16.20	11.48	8.21	4.20
Tam yağlı soya	16	20	21	21
Tavuk unu	3.9	3.9	3.9	3.9
Ayçiçeği tohumu küspesi	3	3	3	3
Et-kemik unu	2.46	2.6	2.6	2.6
Bitkisel yağ	1.11	2.18	2.30	2.48
Balık unu	1	-	-	-
Mermer Tozu	0.60	0.52	0.43	0.25
Vitamin-mineral premiksi*	0.30	0.25	0.25	0.20
Metiyonin	0.27	0.21	0.15	0.15
Lisin	0.24	0.11	0.07	0.072
Tuz	0.10	0.10	0.12	0.11
Vitamin D ₃	0.10	0.075	0.04	-
Vitamin-E	0.05	-	-	0.10
Enzim	0.10	0.10	0.10	0.10
Sodyum bikarbonat	0.075	0.071	0.057	0.075
Kolin klorit	0.07	0.07	0.05	0.05
Antikoksidiyostat	0.05	0.05	0.05	-
Toksin bağlayıcı	0.05	-	-	-
Hesaplanan besin madde kompozisyonu				
Ham protein, %	23	21.5	20.5	19
Metabolik enerji Kcal/kg	3040	3140	3180	3220
Ham selüloz, %	4.44	4.52	4.49	4.48
Ham kül, %	6.07	5.71	5.43	5.10
Ham yağ, %	8.91	10.61	10.93	11.31
Lisin, %	1.50	1.30	1.20	1.10
Metiyonin, %	0.61	0.53	0.46	0.44
Metiyonin+Sistin,%	1.08	0.98	0.90	0.86
Threonin, %	0.98	0.88	0.84	0.78
Kalsiyum, %	1.05	0.95	0.90	0.80
Toplam fosfor, %	0.76	0.72	0.71	0.67
Kullanılabilir fosfor,%	0.50	0.46	0.46	0.43

*: Her 1 kg karışımda 4.400.000 UI Vitamin A, 1.600.000 UI Vitamin D₃, 20.000 mg Vitamin E, 1.600 mg Vitamin K₃, 1.200 mg Vitamin B₁, 3.200 mg Vitamin B₂, 20.000 mg Niasin, 6.000 mg Pantotenik asit, 1.600 mg Vitamin B₆, 8 mg Vitamin B₁₂, 80 mg Biotin, 800 mg Folik asit, 50.000 mg antioksidan dry, 6.000 mg Bakır, 20.000 mg Demir, 48.000 mg Manganez, 80 mg Selenyum, 40.000 mg Çinko, 80 mg Kobalt, 500 mg İyot içermektedir.

Çizelge 2. Gompertz ve Lojistik modellere ilişkin parametre ve eşitlikler

Parametreler	Gompertz	Lojistik
Matematik eşitlik	$\beta_0 \exp(-\beta_1 \exp(-\beta_2 t))$	$\beta_0 (1 + \beta_1 \exp(-\beta_2 t))^{-1}$
Bükülme noktası yaşı (BNY)	$(\ln \beta_1) / \beta_2$	$(\ln \beta_1) / \beta_2$
Bükülme noktası ağırlığı (BNA)	β_0 / e	$\beta_0 / 2$
En çok büyüme hızı (EBH)	$\beta_2 \text{ BNA}$	$\beta_2 \text{ BNA} / 2$

BULGULAR ve TARTIŞMA

Araştırmada kullanılan Ross 3008 ticari hattına ait canlı ağırlık ve haftalık canlı ağırlık artış değerleri ile doğrusal olmayan Gompertz ve Lojistik modeller kullanılarak hesaplanan değerleri Çizelge 3'de, ortalama değerlerin değişimi ise Grafik 1'de gösterilmiştir. Gompertz ve Lojistik modelle tahmin edilen etlik piliçlerin büyüme parametreleri ise Çizelge 4'de verilmiştir.

Ortalama β_0 değerleri Gompertz modelde 4364.53 g ve Lojistik modelde ise 3010.32 tahmin edilmiştir. Gompertz modelden hesaplanan β_0 parametresi Lojistik modele göre daha yüksek gerçekleşmiş olup, farklı genotip, tür ve yetiştirme sistemlerinde modelleri test eden (1, 9, 15, 18.) ve (14)'nin karşılaştırmaları ile uyumludur. Ortalama β_0 değeri canlı ağırlığın asimtotik limiti olup, canlılığın ulaşabileceği en yüksek ağırlık olarak tanımlanmaktadır (23). Araştırmada kullanılan ticari hattın erkek – dişi karışık performans verilerinde 70. günde canlı ağırlık 5051 g olarak verilmiştir (21). Gelişimin gittikçe yavaşlamış olduğu bu yaş ticari etlik piliç üretiminde kesim yaşının çok üzerinde olup ergin ağırlığa yakın bir değer olarak kabul edildiğinde, Gompertz modelden elde edilen ergin ağırlık değerinin Lojistik modele oranla daha uyumlu olduğu görülmektedir. Benzer sonuç, aynı ticari hattı kullanan (5) ve (16) tarafından da bildirilmektedir.

Civciv çıkış ağırlığı ile ilişkili olan integrasyon katsayısı olarak bilinen β_1 değeri Gompertz modelde 4.62 olarak hesaplanmasına karşın Lojistik modelde bu değer 31.52 olarak bulunmuştur. Gompertz modelden elde edilen integrasyon katsayısının Lojistik modelden düşük olması,

farklı tür, ırk ve yetiştirme sistemlerinde çalışma yapan birçok araştırmacının (9, 16, 18, 23.) sonuçları ile benzeşmektedir. Civciv çıkış ağırlığının beklenen değeri 42 gr olmasına karşın aynı değer Gompertz Lojistik modellerden sırasıyla 42.91 ve 92.90 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan civciv ağırlığı bakımından Gompertz modelin Lojistik modele oranla katalog değerine yakın olarak hesaplanması, Lojistik model kullanılarak hesaplanan civciv ağırlığının Gompertz modelden elde edilen sonuca göre yüksek olması farklı tür ve yetiştirme sistemlerinde benzer çalışmaları yapan araştırmacıların (5, 16, 20, 22.) bulgularıyla uyumlu bulunmuştur.

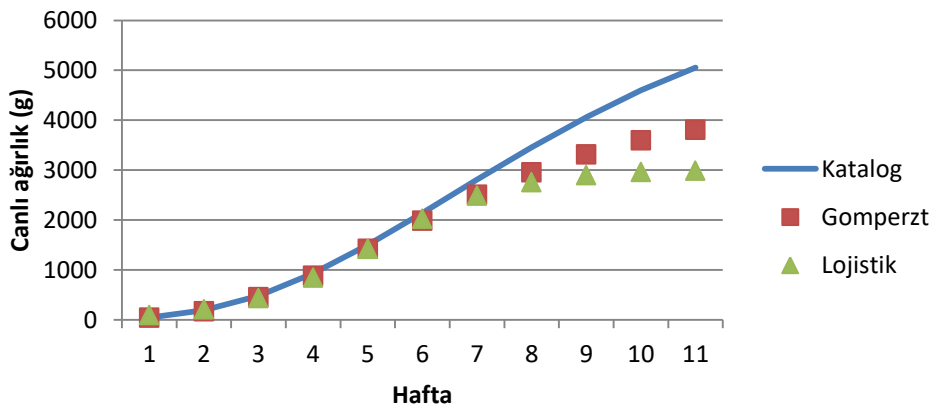
Anlık büyüme oranı olarak tanımlanan β_2 değeri Gompertz ve Lojistik modeller için sırasıyla 0.356 ve 0.835 olarak hesaplanmış olup, birçok farklı tür, ırk, hat ve yetiştirme sistemlerinde yapılan çalışmalarda (9, 14, 24) Lojistik modelden elde edilen bu değer Gompertz modele göre yüksek olarak gerçekleşmiştir. Anlık büyüme hızı uygulamada canlı ağırlık artışı ile ilişkilendirilecek olursa, haftalık canlı ağırlık artışları bakımından Gompertz modelden elde edilen veriler Lojistik modele oranla katalog değerlerine daha yakın bulunmaktadır. Benzer sonuç (26) tarafından da bildirilmiştir.

Ticari etlik piliç yetiştiriciliğinde en önemli parametre ekonomik kesim yaşının belirlenmesidir. Modelleme çalışmalarından hesaplanan Bükülme Noktası Yaşı (BNY), Bükülme noktası ağırlığı (BNA) ve En çok büyüme hızı (EBH) bunun belirlenmesinde kullanılan parametrik değerler arasında yer almaktadır.

Çizelge 3. Beklenen ve büyüme modelleri kullanılarak hesaplanan haftalık canlı ağırlık değerleri

Yaş (Hafta)	Beklenen (Katalog)*		Gompertz (Hesaplanan)		Lojistik (Hesaplanan)	
	CA (g)	CAA (g)	CA (g)	CAA (g)	CA (g)	CAA (g)
0	42		42.91		92.90	
1	189	147	170.21	127.30	205.62	112.72
2	480	291	448.55	278.34	435.03	229.41
3	929	449	884.26	435.71	843.40	408.37
4	1501	572	1422.04	537.78	1422.18	578.78
5	2144	643	1983.57	561.53	2024.96	602.78
6	2809	665	2505.09	521.52	2482.67	457.71
7	3457	648	2951.39	446.30	2754.29	271.62
8	4061	604	3312.07	360.68	2892.63	138.34
9	4598	537	3592.13	280.06	2957.61	64.98
10	5051	453	3803.60	211.47	2986.99	29.38

*Ross (21)., CA: Canlı ağırlık, CAA: Canlı ağırlık artışı



Grafik 1. Ticari etlik piliçlerin beklenen ve hesaplanan büyüme değerlerinin değişimi

Çizelge 4. Gompertz ve Lojistik modelle tahmin edilen etlik piliçlerin büyüme parametreleri

Parametreler	Gompertz	Lojistik
β_0	4364.53±128.14	3010.32±44.75
β_1	4.62±0.03	31.52±0.69
β_2	0.356±0.007	0.835±0.009
BNY	4.31±0.08	4.13±0.04
BNA	1605.79±47.14	1505.16±16.46
EBH	568.82±7.79	628.17±11.86

Çizelge 5. Gompertz ve Lojistik modelle tahmin edilen büyüme parametrelerinin uyumluluk kriterleri (\pm)

Uyumluluk kriterleri	Gompertz	Lojistik
R^2	0.9995±0.0002	0.9972±0.0011
Düzeltilmiş R^2	0.9995±0.0003	0.9973±0.0009
HKO	729.53±291.04	1793.52±250.83
ABÖ	43.48±2.34	53,99±0.76
KSH	22.74±4.39	41.49±2.55

HKO: Hata Kareler Ortalaması, ABÖ: Akaike Bilgi Ölçütü, KSH: Kalıntı Standart Hata

Gompertz ve Lojistik modelle tahmin Belirleme katsayısı (R^2) ve Düzeltilmiş R^2 değerleri Çizelge 5'de verilmiş olup her iki model için de uyumluluk oldukça yüksek bulunmuş olup 0.997-0.999 arasında değişmektedir. Her iki model için bu araştırmadan elde edilen yüksek uyumluluk değerleri ile kanatlı hayvanlarda Gompertz ve Lojistik modelleri kullanan araştırmacıların bulguları benzerlik göstermektedir (5, 9, 16, 18, 20, 22)

Sonuç olarak ticari etlik piliç yetiştiriciliğinde kesim yaşı 42 gün veya altında bulunduğu ve her iki modelden elde edilen parametrik değerler ile bu süre içinde gözlenen büyüme verilerinin yüksek oranda uyumluluğu dikkate alındığında, doğrusal olmayan Gompertz ve Lojistik modeller ticari etlik piliç yetiştiriciliğinde büyümenin takip edilmesinde kullanılabilir. Ancak, gezinmeli veya organik üretim gibi besi süresini uzatan yetiştirme sistemlerinde uygulanacak büyüme modellerinin uyumunda farklılık gözlenebilir.

Canlı ağırlık artışının gerilemeye başladığı ve en yüksek canlı ağırlık artışının gerçekleştiği nokta olarak ifade edilen Bükülme Noktası Yaşı (BNY) Gompertz ve Lojistik modellerde sırasıyla 4.31 ve 4.13 hafta olarak tahmin edilmiştir. Katalog değerlerinde en yüksek canlı ağırlık artışı 6 haftalık yaşta gerçekleşmektedir. Gompertz model kullanılarak elde edilen en yüksek canlı ağırlık artışı değeri Lojistik model verisine göre katalog değerlerine daha yakın bulunmuştur. Benzer sonuç kanatlı hayvanlarda doğrusal olmayan modeller kullanarak büyüme eğrileri üzerinde çalışmalardan da elde edilmiştir (1, 9, 18). Braccini Neto (7) büyümenin modellenmesinde Gompertz modelin oldukça uygun olduğunu ve Bükülme Noktası Yaşının (BNY), toplam canlı ağırlığın %35-40'ına ulaşıldığında gerçekleştiğini bildirmektedir. Bu çalışmada Gompertz modelle tahmin edilen 70 günlük canlı ağırlık 3803.60 gr olup %35-40'i, 1331.05-15521.44 g olarak hesaplanmakta, bu ağırlıktaki yaş 4 haftalık yaşta sağlanmaktadır (Çizelge 3). Bu sonuçlar Braccini Neto (7)'nin Gompertz modele ilişkin bildirimleri ile uyum içindedir. Diğer taraftan, Grossman ve Bohren (10) Lojistik modelde bükülme noktasının ergin ağırlığın %50'sine erişildiği yaşta gerçekleştiğini bildirmektedir. Bu çalışmada Lojistik modelden elde edilen 70 günlük canlı ağırlığın (2986.99) %50'si 1493.49 g olup bu ağırlığa benzer şekilde 4.hafta ulaşılmaktadır (Çizelge 3). Gompertz ve Lojistik model için bu çalışmada hesaplanan bükülme yaşı sırasıyla 4.31 ve 4.13 olarak bulunmuş olup, Braccini Neto

(7) Grossman ve Bohren (10)'ın öngörülleri ile uyumaktadır.

Bu çalışmada Gompertz ve Lojistik modeller kullanılarak Bükülme Noktası Ağırlığı (BNA) sırasıyla 1605.79 ve 1505.16 g olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde Gompertz ve Lojistik modeller kullanılarak En çok büyüme hızı (EBH) olarak hesaplanan ve en yüksek canlı ağırlık artışı olarak uygulamada karşılık bulan değerler sırasıyla 568.82 ve 628.17 g tahmin edilmiştir. Gompertz modelden elde edilen (BNA) değeri (1605.79) katalog değerine (2809 g) Lojistik modele göre daha yakın bulunmuştur. Buna karşılık Lojistik modelden elde edilen (EBA) değeri (628.17) katalog değerine (665 g) Gompertz modele göre daha yakın bulunmuştur. Elde edilen bulgular Bükülme Noktası Yaşının (BNY) hesaplanmasında elde edilen değerler ve literatür bildirimleri (1, 7, 9, 10, 18) ile uyum içindedir.

Teşekkür

Yazarlar, bu çalışmada kullanılan verilerin elde edildiği ENF-001 nolu projeyi destekleyen Cumhuriyet Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine (CÜBAP) teşekkür eder.

KAYNAKLAR

1. **Aggrey, S.E.** 2002. Comparison of three nonlinear and spline regression models for describing chicken growth curves. *Poult. Sci.* 81: 1782-1788.
2. **Ahmadi, H. ve Golian, A.** 2008. Non-Linear Hyperbolic Growth Models for Describing Growth Curve in Classical Strain of Broiler Chicken. *Research Journal of Biological Sciences*, 3: 1300-1304.
3. **Akbaş, Y.** 1995. Büyüme eğrisi modellerinin karşılaştırılması. *Hay Üret.* 36, 73-81
4. **Akbaş, Y. ve Oğuz, İ.** 1998. Growth curve parameters of line of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*), unselected and selected for fourweek body weight. *Arch. Geflugelkd.* 62(3): 104-109.
5. **Al-Samarai, F.R.** (2015). Growth Curve of Commercial Broiler as Predicted by Different Nonlinear Functions. *American Journal of Applied Scientific Research* 1(2): 6-9

6. **Bilgin, Ö.C. ve Esenbuğa, N.** 2003. Doğrusal olmayan Büyüme Modellerinde Parametre Tahmini. *Hayvansal Üretim*, 44 (2): 81-90.
7. **Braccini Neto J.** Estudo genético de curvas de crescimento de aves de postura [dissertação]. Pelotas (RS):Universidade Federal de Pelotas;1993.
8. **Efe, E.** 1990. Büyüme eğrileri. Doktora Tezi, Çukurova Üniv. Fen Bil. Enst.
9. **Eleroğlu, H., Yıldırım, A., Şekeroğlu, A., Çoksöyler, F.N., Duman, M.** 2014. Comparison Of Growth Curves By Growth Models İn Slow-Growing Chicken Genotypes Raised The Organic System, *International Journal Of Agriculture And Biology*, 16(3), 529-535.
10. **Grossman M, Bohren BB.** Comparison of proposed growth curve functions in chickens. *Growth* 1982; 46:259-274.
11. **Henn, J.D., Bockor, L., Ribeiro, A.M.L., Coldebella, A. ve Kessler, A. de M.** 2014. Growth and deposition of body components of intermediate and high performance broilers. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 16(3), 319-328. <https://dx.doi.org/10.1590/1516-635x1603319-328>
12. **Knizetova, H., Hyaneek, J., Knize, B. ve Roubicek, J.** 1991. Analysis of growth curves of fowl. I. *Chickens. Brit. Poultry. Sci.*, 1991; 32: 1027-1038.
13. **Mendeş, M., Dinçer, E. ve Arslan, E.** 2007. Profile Analysis and Growth Curve for Body Mass Index of Broiler Chickens Reared Under Different Feed Restrictions in Early Age. *Archiv für Tierzucht-Archives of Animal Breeding*. 50 (4): 403-411.
14. **Michalczuk, M., Damaziak, K. ve Goryl, A.** 2016. Sigmoid Models for the Growth Curves in Medium-Growing Meat Type Chickens, Raised under Semi-Confined Conditions, *Annals of Animal Science*. Volume 16, Issue 1, Pages 65–77
15. **Miguel, JA., Melendez, SJ., Asenjo, B., Luis, M., Bonilla, LM. ve Ciria, J.** 2012. Growth modeling of castrated Brahman males raised in tropical conditions and born in different seasons. *Cienc. Inv. Agr.*, 39 (2) 279–288
16. **Mohammed, F. A.** 2015. Comparison of three nonlinear functions for describing chicken growth curves. *Scientia Agriculturae*, 9 (3): 120-123.
17. **Narinc, D., Aksoy, T., Karaman, E. ve Karabag, K.** 2009. Effect of Selection applied in the direction of high live weight on growth parameters in Japanese Quails. *J. Fac. Agric. Akdeniz Univ.*, 22: 149-156.
18. **Narinc, D., Aksoy, T., Karaman, E. ve Curek, Dİ.** 2010. Analysis of Fitting Growth Models in Medium Growing Chicken Raised Indoor System. *Trends Anim Vet. Sci. J.*, 1 (1): 12–18
19. **NRC.** 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*, 9th Rev., Ed., National Academy Press. Washington, D.C.
20. **Raji, A.O., S.T. Mbap and J. Aliyu.** 2014. Comparison of different models to describe growth of the Japanese quail (coturnix japonica), *Trakia Journal of Sciences*. 12: 182-188.
21. **Ross.** 2014. Ross 308 Broiler: Performance Objectives, http://tr.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross-308-Broiler-PO-2014-EN.pdf
22. **Sengul, T. and S. Kiraz.** 2005. Non-linear models of growth curves in large White turkeys. *J. Vet. Anim. Sci.* 29: 331-337.
23. **Şahin, A., Ulutaş, Z., Karadavut, U., Yıldırım, A. ve Arslan, S.** 2014. Anadolu Mandası Malaklarında Büyüme Eğrisinin Çeşitli Doğrusal Olmayan Modeller Kullanılarak Karşılaştırılması, *Kafkas Univ Vet Fak Derg.*, 20 (3): 357-362.
24. **Tholon, P., Queiroz, SA.** 2007. Models for the analysis of growth curves for rearing tinamous (*Rhynchotus rufescens*) in captivity. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 9(1), 23-31. <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-635X2007000100004>
25. **Yakupoglu, Ç. ve Atıl, H.** 1999. Etlik piliçlerde büyüme eğrilerinin karşılaştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniv. Fen Bil. Enst.
26. **Yang, Y., Mekki, DM., Lv, SJ., Wang, LY. ve Wang, JY.** 2006. Analysis of fitting growth models in Jinghai mixed-sex yellow chicken. *Int. J. Poult. Sci.*, 5: 517–521
27. **Yıldız, G., Soysal, M.İ. ve Gürcan, E.K.** 2009. Tekirdağ İlinde Yetiştirilen Karacabey Merinosu x Kıvırcık Melezi Kuzularda Büyüme Eğrisinin Farklı Modellerle Belirlenmesi, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(1): 11-19