

## Santa Rosa Çeşidi Erik Meyvesinin Fiziksel Özelliklerine Göre Kütle Tahmin Modelleri

Ebubekir ALTUNTAŞ

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tokat

Sorumlu Yazar: [Ebubekir.altuntas@gop.edu.tr](mailto:Ebubekir.altuntas@gop.edu.tr)

Geliş Tarihi: 23.02.2022 Düzeltme Geliş Tarihi: 01.08.2022 Kabul Tarihi: 05.08.2022

### Öz

Bu çalışmada, Santa Rosa erik meyvesinin geometrik özellikler, projeksiyon alanları ve hacim özelliklerine göre kütle modellemesi yapılmıştır. Kütle tahminine yönelik modellemede, meyvenin geometrik boyutları (1. sınıflandırma), projeksiyon alanları (2. sınıflandırma) ve hacim özellikleri (3. sınıflandırma) incelenmiştir. Geometrik boyutlar; uzunluk ( $L$ ), genişlik ( $W$ ), kalınlık ( $T$ ) ve geometrik ortalama çap ( $GOÇ$ ) değerlerinden oluşmaktadır. Projeksiyon alanları; birincil ( $BPA$ ), ikincil ( $IPA$ ) ve üçüncül ( $UPA$ ) ve kriter alan ( $KA$ ) olarak kategorize edilmiştir. Hacim özellikleri için yassı küre hacim ( $VOBL$ ) ve elipsoit küre ( $VELP$ ) geometrileri kullanılmıştır. Kütle tahmini için doğrusal regresyon modeli kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre maksimum belirtme katsayısı ( $R^2$ ), minimum regresyon standart hatası ( $RSE$ ), ortalama bağıl sapma ( $MRD$ ) ve minimum kök ortalama karesel hata ( $RMSE$ ) değerleri dikkate alınarak kütle modellerinden önerilerde bulunulmuştur. Erik meyvesinde geometrik boyutlar, projeksiyon alanlar ve hacimler bazında kütle tahmininde geliştirilen modeller arasında maksimum belirtme katsayısı ( $R^2$ ), minimum regresyon standart hatası ( $RSE$ ) ve minimum kök ortalama karesel hata ( $RMSE$ ) değerlerini veren  $M=-23.240-1.244BPA+3.070IPA+3.218UPA$  ( $R^2=0.959$ ,  $RSE=1.462$ ,  $MRD=1.939$ ,  $RMSE=4.425$ ) model önerilmiştir. Kütle tahmini için önerilen modeller; erik meyvelerinin hasat sonrası sınıflama, temizleme ve boyutlandırmasına ilişkin makine ve sistemlerin tasarımına, projelenmesine ve geliştirilmesinde mühendislik verisi olarak kullanılabilir.

**Anahtar kelimeler:** Geometrik boyut, projeksiyon alan, elipsoit küre, doğrusal model.

## Mass Estimation Models of Santa Rosa Plum Fruit According to Physical Properties

### Abstract

In this study, mass modeling of Santa Rosa plum fruit was carried out according to geometric properties, projection areas and volume properties. In the modeling for mass estimation, the geometric dimensions of the fruit (1<sup>st</sup> classification), projection areas (2<sup>nd</sup> classification) and volume characteristics (3<sup>rd</sup> classification) were examined. Geometric dimensions; length ( $L$ ), width ( $W$ ), thickness ( $T$ ) and geometric mean diameter ( $GOÇ$ ) values. Projection areas; categorized as primary ( $BPA$ ), secondary ( $IPA$ ), and tertiary ( $UPA$ ) and criteria area ( $KA$ ). Flat sphere volume ( $VOBL$ ) and ellipsoid sphere ( $VELP$ ) geometries were used for volume properties. Linear regression model was used for mass estimation. According to the results of the analysis, suggestions were made from the mass models, taking into account the maximum coefficient of determination ( $R^2$ ), minimum regression standard error ( $RSE$ ), mean relative deviation ( $MRD$ ) and minimum root mean square error ( $RMSE$ ).  $M=-23.240-1.244BPA+3.070IPA+3.218UPA$  ( $R^2=0.959$ ,  $RSE=1.462$ ,  $MRD=1.939$ ,  $RMSE=4.425$ ) model has been proposed which gives the maximum coefficient of determination ( $R^2$ ), minimum regression standard error ( $RSE$ ) and minimum root mean square error ( $RMSE$ ) values among the models developed for mass estimation in plum fruit on the basis of geometric dimensions, projection areas and volumes. Suggested models for mass estimation; It can be used as engineering data in the design, project and development of machines and systems for post-harvest sorting, cleaning and sizing of plum fruits.

**Key words:** Geometric dimension, projected area, ellipsoid spheroid, linear model.

## Giriş

Erik, insan sağlığı için vitamin içeriğinin yüksek olması yanında, antioksidan, fenolik ve lif içeriğiyle önemli bir meyvedir (Kim ve ark., 2003). Dünyada geniş bir yayılış alanına sahip olan erik, Türkiye’de her bir bölgemizde geniş bir yetiştirme alanı bulmuştur. FAO 2020 yılı verilerine göre Dünya’da erik üretimi 12 225 073 ton ve TÜİK 2020 yılı verilerine göre erik üretimi 329 056 ton olarak verilmekte olup, Türkiye erik üretimi, Dünya erik üretiminin %2.69’unu karşılamaktadır (FAO, 2022; TÜİK, 2022).

Erik meyvelerinin fiziksel özellikler; hasat, sınıflandırma, taşıma, işleme ve paketleme sistemleriyle ilgili makine ve tesislerin tasarım, projelendirilmesi ve geliştirilmesi aşamasında önemlidir. (Kuna-Broniowska ve ark. 2012). Erik meyvelerinin hasat sonrası pazarlamasında; boyut, renk, olgunluk seviyesi vb. gibi bazı önemli faktörler dikkate alınmaktadır. Hasat sonrası erikler sınıflamaya yönelik farklı boyutlarda sınıflandırılmakta, hasarlı olanların seçim ve ayırma işlemlerini ise bantlarda çalışan işçiler yapmaktadır. Tüketiciler de aynı şekil ve büyüklükteki meyveleri tercih etmekte, sınıflandırma için tek tip boyut ve şekil elde edilmekte, paketleme ve nakliye maliyetleri düşürülmektedir. Boyutlandırma ve sınıflandırma işlemi paketleme standardı getirdiği gibi kalite tasnifini mümkün kılmakta ve ürünün pazar değerinin artmasına katkı sağlamaktadır (Rashidi ve Seyfi, 2008).

Kütle, boyut, projeksiyon alanı, hacim gibi fiziksel özellikler erik meyvelerinin önemli fiziksel karakteristikleri olarak dikkate alınmakta, kütle ile diğer boyutsal özellikler birbiriyle ilişkilendirilebilmektedir. Çok değişkenli istatistiksel modeller, meyve kütesinin fiziksel karakteristiklerine göre tahmin edilebilmesini sağlayabilmektedir.

Boydas ve ark (2012), farklı yenidoğru çeşit ve genotiplerinin kütle, boyut ve şekil özellikleri için, görüntü işleme tekniğini; Vursavuş ve Kesilmiş (2016), Bandita F1 çeşidi domates meyvelerinde hasarsız çarpma tekniği ile kütle tahmini için farklı modeller geliştirmişlerdir. Demir ve ark. (2019) ise, farklı badem çeşitlerinin fiziksel özelliklerini Eliptik Fourier yaklaşımıyla şekil farklılıklarını belirlemeye çalışmışlardır.

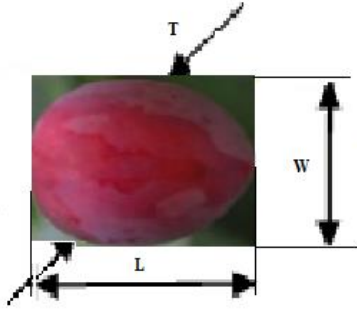
Tarımsal ürünlerin kütle modellemesine ilişkin çok sayıda araştırma yapılmıştır. Bunlar arasında kivi, bergamot, portakal, elma, patates, kiraz domates, kinnow mandarin, kan meyvesi, muz meyveleri, Japon elması ve karayemiş meyveleri için modelleme çalışmaları sırasıyla Lorestani ve Tabatabaeefar (2006), (Jahromi ve ark. (2007), Sharifi ve ark. (2007), Gorji Chakespari ve ark. (2010), Berberoglu ve ark (2014), Saraçoğlu ve Özarslan (2015), Mahawar et al. (2019), Sasikumar ve ark. (2020), Zainal A’Bidin ve ark (2020), Altuntaş (2021) ve Altuntas ve Mahawar (2021) tarafından yapılmıştır.

Kütle modellemeleri ile yapılan matematiksel ilişkiler, erik meyvelerinin ticari ölçekte derecelendirmesine yardımcı olması yanında hasat sonrası ürün işleme sürecinin daha doğru ve daha az emekle yapılmasına katkı sunabilmektedir. Kütle tahmin modellerinin geometrik özelliklere dayalı olarak modellemesinin ticari ölçekte uygulanabilir ve faydalı olabileceği Rashidi ve Gholami (2008) tarafından açıklanmıştır. Bu nedenle çalışmada, erik meyvelerinin fiziksel özelliklerle belirlenebilmesine yönelik en uygun tahmin modelleri araştırılmıştır.

## Materyal ve Metot

Santa Rosa erik meyveleri için tahminlenen kütle modellemelerinde birincil (geometrik boyutlar), ikincil (projeksiyon alanları) ve üçüncül (hacimler) olmak üzere üç farklı sınıflama yapılmıştır. Boyutlara göre yapılan kütle model sınıflamasında bağımsız değişken olarak L (uzunluk), W (genişlik), T (kalınlık) ve geometrik ortalama çap ( $GOÇ$ ); projeksiyon alanlarına göre yapılan kütle model sınıflamasında bağımsız değişken olarak birincil projeksiyon alanı ( $BPA$ ), ikincil projeksiyon alanı ( $IPA$ ) ve üçüncül projeksiyon alanı ( $UPA$ ) ve kriter alan ( $KA$ ) değerleri kullanılmıştır. Hacimlere göre yapılan kütle model sınıflamasında bağımsız değişken olarak yassı küre hacmi ( $VOBL$ ) ve elipsoit küre hacmi ( $VELP$ ) değerleri dikkate alınmıştır.

Erik meyvelerinin kütle modellemesinde geometrik boyutların ölçümünde 0.01 mm hassasiyetli dijital kumpas (Mitutoyo CD-6CSX Model, Japonya) kullanılmıştır (Şekil 1).



**Şekil 1.** Erik meyvesinin boyutlara göre boyutlarının (L, W, T) gösterimi.

Birim kütle ölçümleri ise 0.01 g hassasiyetli dijital elektronik terazi (Radwag PS 4500/C/1 Model, Polonya) ile yapılmıştır.

Geometrik ortalama çap, aşağıdaki eşitlikle belirlenmiştir.

$$GOÇ = \sqrt[3]{L \cdot W \cdot T} \quad (1)$$

Projeksiyon alanlarına göre kütle tahmininde ise, BPA, IPA ve UPA ile KA alanları için aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır (Khezri ve ark., 2012).

$$BPA = \frac{\pi LW}{4} \quad (2)$$

$$IPA = \frac{\pi LT}{4} \quad (3)$$

$$UPA = \frac{\pi WT}{4} \quad (4)$$

$$KA = \frac{BPA+IPA+UPA}{3} \quad (5)$$

Yassı küre (VOBL) ve elipsiot küre (VELP) hacimleri, aşağıdaki eşitlikler kullanılarak belirlenmiştir (Jahromi ve ark., 2008; Altuntas ve Mahawar, 2021).

$$VOBL = \frac{4\pi}{3} \left(\frac{L}{2}\right) \left(\frac{W}{2}\right)^2 \quad (6)$$

$$VELP = \frac{4\pi}{3} \left(\frac{L}{2}\right) \left(\frac{W}{2}\right) \left(\frac{T}{2}\right) \quad (7)$$

Çalışmada, erik meyvelerinin kütle tahmini için aşağıdaki doğrusal regresyon modeli kullanılmıştır.

$$Y = k_0 + k_1X_1 + k_2X_2 + k_3X_3 + \dots + knX_n \quad (8)$$

Y = Bağımlı değişken (Erik meyvesi kütlesi)

$X_1, X_2, \dots, X_n$  = Bağımsız değişkenler (Erik meyvesinin fiziksel parametreleri)

$k_0, k_1, k_2, \dots, kn$  = Regresyon katsayıları (Rashidi ve Seyfi, 2008)

Üç farklı sınıflamada boyutlar ve projeksiyon alanları için 8'er, hacimler için 3'er model oluşturulmuş ve genel toplamda 19 regresyon modeli elde edilmiştir. Tüm veri analizleri için SPSS 17.0 ve Microsoft Excel programı kullanılmıştır. Tahmin modellerinin değerlendirilmesinde  $R^2$  (belirtme katsayısı), RSE (regresyon standart hatası) ve RMSE (kök ortalama kare hatası) kullanılmıştır. Kütle tahmini için maksimum belirtme katsayısı ve minimum RSE ve minimum RMSE değerlerini içeren modeller önerilmiştir (Mahawar ve ark., 2019; Altuntas ve Mahawar, 2021).

Ortalama bağıl sapma (Mean Relative Deviation, MRD) ve kök ortalama kare hatası aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (Rashidi ve Gholami, 2011; Mahawar ve ark. 2021).

$$MRD = 100 \cdot n / (\text{Artık değer (C)} / \text{Mutlak ölçülen değer (A)}) \quad (9)$$

$$\text{Artık değer (C)} = \text{Ölçülen değer (A)} - \text{tahmini değer (B)} \quad (10)$$

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n (M_i - M^*i)^2 / n} \quad (11)$$

$M_i$  = Ölçülen erik meyvesi,

$M^*i$  = Kütle modeli ile tahmin edilen erik meyvesi,

n = örnek sayısı

## Bulgular ve Tartışma

Santa Rosa erik meyvesine ait kütle tahmin modellerinin belirlenmesinde kullanılan bazı fiziksel özellikler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Erik meyvesine ait kütle tahmin modellerinin belirlenmesinde kullanılan bazı fiziksel karakteristikler.

Fiziksel karakteristikler	Ortalama değer	Aralık Değerler
Kütle ( $M$ , g)	52.451±7.206(*)	35.620-68.650
Uzunluk ( $L$ , cm)	4.443±0.186	3.956-4.816
Genişlik ( $W$ , cm)	4.518±0.244	3.976-5.032
Kalınlık ( $T$ , cm)	4.300±0.217	3713-4.755
Geometrik ortalama çap ( $GÇ$ , cm)	4.412±0.202	3.891-4.820
Birincil projeksiyon alanı ( $BPA$ , cm <sup>2</sup> )	15.790±1.409	12.354-19.033
İkincil projeksiyon alanı ( $IPA$ , cm <sup>2</sup> )	15.031±1.328	11.689-17.566
Üçüncül projeksiyon alanı ( $UPA$ , cm <sup>2</sup> )	15.290±1.507	11.748-18.354
Kriter alan ( $KA$ , cm <sup>2</sup> )	15.370±1.391	11.930-18.318
Yassı küre hacmi ( $VOBL$ , cm <sup>3</sup> )	47.770±6.686	32.745-63.851
Elipsoit küre hacmi ( $VELP$ , cm <sup>3</sup> )	45.445±6.098	30.983-58.927

(\*)±: Standart sapma; n= 100

Erik meyveleri için geometrik boyutlara ait ortalama değerler;  $L$ ,  $W$ ,  $T$  ve  $GOÇ$  için sırasıyla 4.44 cm, 4.52 cm, 4.30 cm ve 4.41 cm olarak bulunurken, projeksiyon parametrelere ait ortalama değerler  $BPA$ ,  $IPA$ ,  $UPA$  ve  $KA$  için sırasıyla 15.79 cm<sup>2</sup>, 15.03 cm<sup>2</sup>, 15.29 cm<sup>2</sup> ve 15.37 cm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Hacim parametrelerine ait ortalama değerler ise  $VOBL$  ve  $VELP$  için sırasıyla 47.77 cm<sup>3</sup> ve 45.45 cm<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir.

Eseghbeygi ve ark. (2013) Black Gatretala ve Ghandi erik çeşitleri için  $L$ ,  $W$ ,  $T$  ve  $GOÇ$  değerlerinin sırasıyla 2.805-3.652 cm, 2.678-3.546 cm, 2.585-3.401 cm ve 2.702-3.530 cm arasında;

Altuntaş ve ark. (2020), President erik meyvelerinin mevcut parametrelere göre değerlerin sırasıyla 5.514 cm, 4.587 cm, 4.427 cm ve 4.800 cm ve kütle değerinin 66.93 g olduğunu vurgulamışlardır. Özellikle Santa Rosa çeşidi erik meyveleri; Black, Gatretala ve Ghandi çeşitlerine göre daha büyük boyutlarda iken, President çeşidine göre hem kütle ve hem de geometrik boyutlara göre daha küçük değerlere sahip olduğu görülmektedir.

Çalışmada erik meyvelerine ait kütle ile boyutlar, projeksiyon alanı ve hacimlere ait ilişkilere dair korelasyon katsayıları ( $R$ ) belirlenmiş olup Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Erik meyvelerinin kütle ve fiziksel parametrelerine ilişkin korelasyon katsayıları.

Fiziksel parametreler	Oran	DF	R
$M$ ve $L$	11.806	98	0.896**
$M$ ve $W$	11.611	98	0.872**
$M$ ve $T$	12.198	98	0.967**
$M$ ve $GÇ$	11.889	98	0.970**
$M$ ve $BPA$	3.322	98	0.988**
$M$ ve $IPA$	3.489	98	0.937**
$M$ ve $UPA$	3.430	98	0.936**
$M$ ve $KA$	3.412	98	0.988**
$M$ ve $VOBL$	1.098	98	0.975**
$M$ ve $VELP$	1.154	98	0.998**

\*\* :  $p < 0.01$  çok önemli;  $R$ : Korelasyon katsayısı;  $DF$ : Serbestlik derecesi

Çizelge 2'ye göre, erik meyvelerinin kütleleri ile boyutlar, projeksiyon alanları ve hacimler arasındaki ilişkiler aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

$$M=11.81L=11.61W=12.20T=11.89GOÇ=3.32BPA=3.49IPA=3.43UPA=3.41KA=1.10VOBL=1.15VELP \quad (12)$$

Kütle ve fiziksel karakteristikler arasındaki korelasyon katsayıları için;  $M$  ve  $L$ ,  $M$  ve  $W$ ,  $M$  ve  $T$ ,  $M$  ve  $GOÇ$ ,  $M$  ve  $BPA$ ,  $M$  ve  $IPA$ ,  $M$  ve  $UPA$ ,  $M$  ve  $KA$ ,  $M$  ve  $VOBL$ ,  $M$  ve  $VELP$  arasındaki ilişkiler

istatistiksel olarak  $p < 0.01$  seviyesinde bulunmuştur.

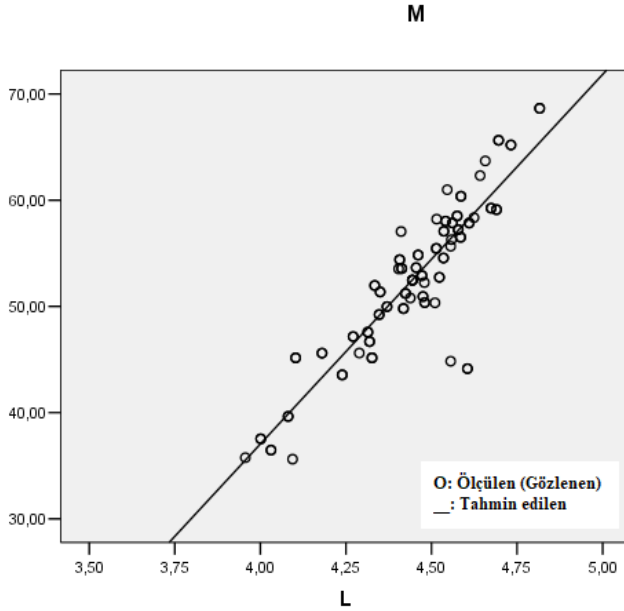
#### **Birincil sınıflandırma: Geometrik boyutlara göre modelleme**

Boyutlar açısından erik meyvelerinin külesini tahmin etmede geliştirilen ve önerilen modeller Çizelge 3'te verilmiştir. Santa Rosa erik meyvesine ait uzunluk ve kütle arasındaki doğrusal ilişki Şekil 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 3. Erik meyvelerinin boyut sınıflamasına ait kütle tahmini için doğrusal regresyon modelleri.

No	Model	$R^2$	RSE	MRD	RMSE
1.1	$M = -102.758 + 34.940L$	0.802	3.223	4.155	3.174
1.2	$M = -63.569 + 25.679W$	0.759	3.555	4.519	3.502
1.3	$M = -86.321 + 32.279T$	0.935	1.841	2.672	1.813
1.4	$M = -100.566 + 34.687GOÇ$	0.940	1.763	2.309	1.736
1.5	$M = -103.295 + 21.553L + 13.283W$	0.888	2.442	3.260	2.392
1.6	$M = -93.978 + 6.553L + 27.290T$	0.940	1.764	2.402	1.729
1.7	$M = -90.738 + 7.578W + 25.339T$	0.954	1.566	2.114	1.535
1.8	<b><math>M = -95.909 + 5.266L + 6.612W + 22.120T</math></b>	<b>0.956</b>	<b>1.509</b>	<b>1.978</b>	<b>1.471</b>

M: kütle; L: uzunluk, W: genişlik; T: kalınlık; GOÇ: geometrik ortalama çap;  $R^2$ : regresyon katsayısı; RSE: regresyon standart hatası, MRD=ortalama bağıl sapma, RMSE: kök ortalama kare hatası.



Şekil 2. Erik meyvesindeki aksel boyutlardan uzunluk (L) ile kütle (M) arasındaki doğrusal ilişki

Çizelge 3'te boyutlara göre kütle tahmini için, uzunluk, genişlik, kalınlık, geometrik ortalama çap açısından erik meyveleri için geliştirilen modeller arasında maksimum belirtme katsayısı ( $R^2=0.956$ ), minimum regresyon standart hatası ( $RSE=1.509$ ),

ortalama bağıl sapma ( $MRD=1.978$ ) ve kök ortalama karesel hata ( $RMSE=1.471$ ) için Eşitlik (13)'de verilen model saptanmıştır.

$$M = -95.909 + 5.266L + 6.612W + 22.120T \quad (13)$$

Sayıncı ve ark. (2012), Valencia ve Moro portakal çeşidi meyvelerinin şekil ve boyut özelliklerini görüntü işleme yöntemiyle inceleyerek, geometrik ortalama çap ve yüzey alanını tahminlemede kütle ve hacim arasında yüksek bir belirtme katsayısına sahip doğrusal eşitlikler geliştirmiştir. Er ve ark. (2013) standartlara uygun

ve daha hızlı bir meyve sınıflandırma işlemi için, makine öğrenmesiyle elma meyvelerinin bant üzerindeki anlık görüntülerini işleyerek renk, boyut ve kütle tahminlerinin %95.5 oranında yapılabildiğini açıklamışlardır.

#### İkincil sınıflandırma: Projeksiyon alanlarına göre modelleme

Projeksiyon alanlarına göre kütle tahmini için birincil, ikincil ve üçüncül projeksiyon alanları ile kriter alan açısından erik meyveleri için bir, iki ve üç değişkenli geliştirilen modeller Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Erik meyvelerinin projeksiyon alan sınıflamasına ait kütle tahmini için regresyon modelleri.

No	Model	R <sup>2</sup>	RSE	MRD	RMSE
2.1	$M = -23.563 + 4.815BPA$	0.882	2.487	3.151	2.450
2.2	$M = -26.579 + 5.260IPA$	0.929	1.931	2.443	1.910
2.3	$M = -17.952 + 4.605UPA$	0.924	1.997	2.407	1.967
2.4	$M = -25.114 + 5.048KA$	0.943	1.729	2.170	1.702
2.5	$M = -27.835 + 1.536BPA + 3.729IPA$	0.940	1.781	2.233	1.745
2.6	$M = -18.232 + 0.152BPA + 4.467UPA$	0.924	2.001	2.392	1.966
2.7	$M = -24.929 + 2.824IPA + 2.287UPA$	0.958	1.501	1.894	1.470
2.8	<b><math>M = -23.240 - 1.244BPA + 3.070IPA + 3.218UPA</math></b>	<b>0.959</b>	<b>1.462</b>	<b>1.939</b>	<b>1.425</b>

*M*: kütle; *BPA*: Birincil projeksiyon alanı, *IPA*: İkincil projeksiyon alanı; *UPA*: Üçüncül projeksiyon alanı; *KA*: Kriter alan; *R<sup>2</sup>*: Regresyon katsayısı; *RSE*: Regresyon standart hatası, *MRD*=ortalama bağıl sapma, *RMSE*: Kök ortalama kare hatası.

Çizelge 4'te birincil, ikincil ve üçüncül projeksiyon alanları ile kriter alan açısından kütle tahmini için tüm geliştirilen modeller içinde erik meyveleri için geliştirilen modeller arasında maksimum belirtme katsayısı ( $R^2=0.959$ ), minimum regresyon standart hatası ( $RSE=1.462$ ) ve kök ortalama karesel hata ( $RMSE=1.425$ ) değerleri için Eşitlik (14)'ün önerilebileceği belirlenmiştir.

$$M = -23.240 - 1.244BPA + 3.070IPA + 3.218UPA \quad (14)$$

Saraçoğlu (2017), erik meyvelerin kütle modellemesinde, projeksiyon alanlarına göre en yüksek  $R^2$  değeri Santa Rosa çeşidinde  $m = -24.083 + 0.046PA_3$  ( $R^2=0.961$ ,  $RMSE=1.300$ ); Can için  $m = -5.247 + 0.026PA_1$  ( $R^2=0.934$ ,  $RMSE=0.891$ ) olarak bulunduğunu açıklamıştır. Berberoglu ve ark. (2014), üç değişkenli projeksiyon alanına dayalı kütle tahmin modeli en yüksek  $R^2$  değerine

sahip olup, Jelly, Milva ve Sante patates çeşitlerinde sırasıyla 0.858, 0.832 ve 0.843 olarak bulunmuş ve Jelly patates çeşidi için  $m = -40.883 + 1.515PL + 1.804PW + 2.890PT$  olarak tahmin edildiği açıklanmıştır. Vivek ve ark. (2018), Sohiong meyvelerinin kütle tahmini için belirlenen projeksiyon alanı uzunluk ekseninde belirlenmiş ve kütle tahmini modeliyse ( $m = 1.740 P_L^{1.095}$ ); ( $R^2=0.945$ ) olarak belirlenmiştir.

#### Üçüncül sınıflandırma: Hacimlere göre modelleme

Hacimlere göre kütle tahmini için erik meyveleri için yassı küre ve elipsoit küre hacmi dikkate alınarak tekli ve ikili değişkenlere ait geliştirilen modeller Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Erik meyvelerinin hacim sınıflamasına ait kütle tahmini için regresyon modelleri.

No	Model	R <sup>2</sup>	RSE	MRD	RMSE
3.1	$M = 4.857 + 0.996VOBL$	0.853	2.778	3.426	2.736
3.2	$M = 0.109 + 1.152VELP$	0.944	1.712	2.070	1.686
3.3	<b><math>M = -0.449 - 0.569VOBL + 1.763VELP</math></b>	<b>0.957</b>	<b>1.505</b>	<b>1.941</b>	<b>1.475</b>

*M*: kütle; *VOBL*: Yassı küre hacmi; *VELP*: Elipsoit küre hacmi; *R<sup>2</sup>*: regresyon katsayısı; *RSE*: regresyon standart hatası, *MRD*=ortalama bağıl sapma, *RMSE*: kök ortalama kare hatası.

Yassı küre ve elipsoit küre hacimleri açısından erik meyvelerinin kütle tahmini için geliştirilen model Eşitlik (15)'de verilmiş ve modelin maksimum belirtme katsayısı ( $R^2$ ), minimum regresyon standart hatası ( $RSE$ ), ortalama bağıl sapma ( $MRD$ ) ve kök ortalama

karesel hata ( $RMSE$ ) değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir:

$$M = -0.449 - 0.569VOBL + 1.763VELP \quad (R^2=0.957) \quad (15)$$

Tabatabaeefar (2002), Draga, Agria, Ajacks patates çeşitlerinde hacim ve boyutlar arasındaki ilişki  $\ln V = 1.2 \ln a + 0.94 \ln b + 0.86 \ln c - 7.28$

modeliyle ( $R^2 = 0.98$ ) açıklanmıştır. Golmohammadi ve Purrahimi (2009) ise Agria, Satina ve Kayzer çeşidi patateslerde hacim değerlendirmesine göre önemli farklılıklar olduğunu vurgulamışlardır.

## Sonuç ve Öneriler

Kütleyi boyutlar açısından tahmin etmede  $M = -95.909 + 5.266L + 6.612W + 22.120T$  ( $R^2 = 0.956$ ) modeli; projeksiyon alanlarına göre tahmin etmede

$M = -23.240 - 1.244BPA + 3.070IPA + 3.218UPA$

( $R^2 = 0.959$ ) modeli ve hacimlere göre tahmin etmede  $M = -0.449 - 0.569VOBL + 1.763VELP$

( $R^2 = 0.957$ ) modelinin uygun olabileceği belirlenmiştir. Boyut, projeksiyon alanı ve hacim olarak kütle tahminleri için önerilen modellerin erik meyvelerinin hasat sonrası teknolojik işlemleri kapsamında sınıflandırma, temizleme ve boyutlandırma işlemlerine ilişkin makine ve sistemlerinin tasarımında, projelendirilmesinde ve geliştirilmesinde mühendislik verisi olarak kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

**Çıkar Çatışması Beyanı:** Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

**Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti:** Makale yazarı, makalenin tüm bölümlerinden sorumludur.

## Kaynaklar

- Altuntaş, E. 2021. Japon elmasının fiziksel özelliklerine göre doğrusal regresyon modelleri ile kütle tahmini. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi* 10(1): 153-161.
- Altuntas, E., Mahawar, M.K. 2021. Mass prediction of cherry laurel genotypes based on physical attributes using linear regression models. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University*, 38(1): 87-94.
- Altuntaş, E., Öztürk, B., Saraçoğlu, O. 2020. Metil Jasmonat Uygulamaları ve Hasat Dönemlerinin Erik Meyvelerinin Fiziksel, Mekanik ve Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (UTYHBD)*, 6(1): 75-83.
- Berberoglu, E., Altuntas, E., Dulger, E. 2014. Development of adequate mathematical models to predict the mass of potato varieties from their some physical attributes. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University*, 31(3): 1-9.
- Boydas, M.G., Sayinci, B., Gozlekci, S., Oztürk, I., Ercisli, S. 2012. Basic physical properties of fruits in loquat (*Eriobotrya Japonica* (Thunb.

Lindl.) cultivars and genotypes determined by both classical method and digital image processing. *African Journal of Agricultural Research*, 7(29): 4171-4181.

- Demir, B., Sayinci, B., Çetin, N., Yaman, M., Çömlek, R. (2019). Shape discrimination of almond cultivars by elliptic fourier descriptors. *Erwerbs-Obstbau*, 61(3): 245-256.
- Er, O., Cetişli, B., Sofu, M.M., Kayacan, M.C. 2013. Gerçek zamanlı otomatik elma tasnifleme. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(2): 31-38.
- Esehaghbeygi, A., Pirnazari, K., Kamali, M., Razavi, J. 2013. Physical, and mechanical properties of three plum varieties (*Prunus domestica* L.). *Thai Journal of Agricultural Science*, 46(2): 95-101.
- FAO. 2022. <https://fao.org>. FAO Statistics Division (Erişim tarihi: 04.02.2022).
- Golmohammadi, A., Purrahimi G. 2009. Physical Properties of Three Potato Varieties During Storage Period. *10. International Agricultural Engineering Conference, Asian Association for Agricultural Engineering, 7-10 December, 2009*.
- Gorji Chakespari, A., Rajabipour, A., Mobli, H. 2010. Mass modeling of two apple varieties by geometrical attributes. *Australian Journal of Agricultural Engineering*, 1(3): 112-118.
- Jahromi, M.K., Jafari, A., Rafiee, S., Mirasheh, R., Mohtasebi, S.S. 2008. Mass modeling of date fruit (cv. Zahedi) with some physical characteristics. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 3(1): 127-131.
- Jahromi, M.K., Rafiee, S., Mirasheh, R., Jafari, A., Mohtasebi, S.S., Ghasemi Varnamkhasti M. 2007. Mass and Surface Area Modeling of Bergamot (*Citrus medica*) Fruit with Some Physical Attributes. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript FP 07 029. Vol. IX. October, 2007*.
- Khezri, S.L., Rashidi, M., Gholami, M. 2012. Modeling of Peach Mass Based on Geometrical Attributes Using Linear Regression Models. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 12(7): 991-995.
- Kim, D.O., Chun, O.K., Kim, Y.J., Moon, H.Y., Lee, C.Y. 2003. Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity of fresh plums. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 51: 6509–6515.
- Kuna-Broniowska, I., Gadyszewska, B., Ciupak, A. 2012. Effect of storage time and temperature on poisson ratio of tomato

- fruit skin. *International Agrophysics*, 26: 39-44.
- Lorestani, A.N., Tabatabaeefar, A. 2006. Modelling the mass of kiwifruit by geometrical attributes. *Int. Agrophysics*, 20, 135-139.
- Mahawar, M.K., Bibwe, B., Jalgaonkar, K., Ghodki, B.M. 2019. Mass modeling of kinnow mandarin based on some physical attributes. *Journal of Food Process Engineering*, 42(5): <https://doi.org/10.1111/jfpe.13079>.
- Rashidi, M., Seyfi, K. (2008). Modeling of kiwifruit mass based on outer dimensions and projected areas. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 3: 14-17.
- Rashidi, M., Gholami, M. (2008). Classification of Fruit Shape in Kiwifruit Using the Analysis of Geometrical Attributes. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 3(2): 258-263.
- Saraçoğlu, T. (2017). Mathematical Models for Estimating the Mass of Plum Fruit by Selected Physical Properties. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 34(3): 82-90.
- Saraçoğlu, T., Özarslan, C. (2015). Kiraz Domatesi Meyvesinin Kütle ve Hacminin Matematiksel Modellemesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(1): 103-108.
- Sasikumar, R., Vivek, K., Chakkaravarthi, S., Deka, S.C. (2020). Physicochemical Characterization and Mass Modeling of Blood Fruit (*Haematocarpus Validus*) – An Underutilized Fruit of Northeastern India, *International Journal of Fruit Science*, <https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1848752>
- Sayinci, B., Ercisli, S., Ozturk, I., Eryilmaz, Z., Demir, B. (2012). Determination of size and shape in the 'Moro' blood orange and 'Valencia' sweet orange cultivar and its mutants using image processing. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napuca*, 40(1): 234-242.
- Sharifi, M., Rafiee, S., Keyhani, A., Jafari, A., Mobli, H., Rajabipour A., Akram A. (2007). Some physical properties of orange (var. Tompson). *International Agrophysics*, 21: 391-397.
- TÜİK (2022). <https://data.tuik.gov.tr/> (Erişim tarihi: 04.02.2022).
- Vivek, K., Mishra, S., Pradhan R.C., 2018. Physicochemical characterization and mass modelling of *Sohiong (Prunus nepalensis L.)* fruit. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12: 923–936.
- Vursavuş, K.K., Kesilmiş, Z. (2016). Hasarsız çarpma tekniği kullanılarak domates meyvesinin kütle tahmini için farklı model yaklaşımlarının geliştirilmesi ve değerlendirilmesi *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31: 385-392.
- Zainal A'Bidin, F.N., Shamsudin, R., Mohd Basri, M.S., Mohd Dom, Z. 2020. Mass Modelling and Effects of Fruit Position on Firmness and Adhesiveness of Banana Variety Nipah. *International Journal of Food Engineering*, e2019019.