

Farklı Şekil İndeksine Sahip Marfona ve Hermes Patateslerin Fiziksel Özelliklerine Göre Kütle Modellemesi

Mass Modeling Based on The Physical Properties of Marfona and Hermes Potatoes With Different Shape Index

Ebubekir Altuntaş^{1,*} 

¹ Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tokat, Türkiye.

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): E. Altuntaş, e-mail (e-posta): ebubekir.altuntas@gop.edu.tr

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 14.02.2022
Düzeltilme tarihi : 08.04.2022
Kabul tarihi : 11.04.2022

Anahtar Kelimeler:

Patates,
Boyut,
Projeksiyon Alanı,
Basık Küre Hacim,
Şekil İndeksi,
Kütle Modeli

Atf için:

Altuntaş, E., (2022). "Farklı Şekil İndeksine Sahip Marfona ve Hermes Patateslerin Fiziksel Özelliklerine Göre Kütle Modellemesi", *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 8(1): 41-57.

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, farklı şekil indeksine sahip Marfona ve Hermes patates çeşitlerinin geometrik özellikler, projeksiyon alanları ve hacim özelliklerine göre kütle modellemelerinin belirlenmesidir. Kütle tahmini için modellemelerde farklı sınıflandırmalar olarak; boyutlara göre 1. sınıflandırma, projeksiyon alanına göre 2. sınıflandırma ve hacim özelliklerine göre 3. sınıflandırma olarak dikkate alınmıştır. Bu amaçla, şekil indeksine göre Marfona ve Hermes ve karışık patates çeşitlerinin geometrik boyut özellikleri olarak; uzunluk (l), genişlik (w), kalınlık (t) boyutları, geometrik ortalama çap (Gmd); projeksiyon alanları olarak, birinci, ikinci ve üçüncü projeksiyon alanları (FPA , SPA , TPA) ve kriter alanı (Cae) ile hacim karakteristikleri olarak oblate sferoid (V_{obsp}) ve elipsoid sferoid (V_{ellsp}) hacimlerine göre kütle tahminlemesi yapılmıştır. Şekil indeksi (SI)'ne göre patatesler yuvarlak (100-160) ve oval (161-240) olarak karakterize edilmiştir. Kütle tahmini için analizlerde genel toplamda 114 lineer regresyon modeli kullanılmıştır ve maksimum belirtme katsayısı (R^2), minimum regresyon standart hatası (RSE) ve kök ortalama karesel hata ($RMSE$) değerleri dikkate alınarak modeller önerilmiştir. Patates çeşitleri arasında yuvarlak şekil indeksine göre boyutlar, projeksiyon alanları ve hacimler açısından patates yumrularının kütle tahmini etmede geliştirilen model Hermes çeşidinde belirlenirken, oval şekil indeksine göre ise Marfona çeşidinde belirlenmiştir. Tüm modeller içinde şekil indeksi dikkate alınmadan maksimum belirtme katsayısı (R^2), minimum regresyon standart hatası (RSE) ve kök ortalama karesel hata ($RMSE$) değerleri veren model, elipsoid küre hacmiyle kütle tahmini yuvarlak (100-160) şekil indeksinde $m=2.830 + 1.169V_{ellsp}$ ($R^2=0.940$, $RSE=5.112$, $RMSE=5.035$) ile Hermes çeşidinde belirlenmiş olup bu model önerilmiştir. Kütle tahminlerinde önerilen bu modeller; patates yumrularının hasat sonrası kullanımına yönelik olarak sınıflandırma, temizleme ve boyutlandırma işlemlerine ilişkin makine ve sistemlerin tasarım, projeleme ve geliştirilmesinde kullanılabilir.

Article Info

Received date : 14.02.2022
Revised date : 08.04.2022
Accepted date : 11.04.2022

Keywords:

Potato,
Dimension,
Projected Area,
Oblate Spheroid Volume,
Shape Index,
Mass Modeling

How to Cite:

Altuntaş, E., (2022). "Mass Modeling Based on The Physical Properties of Marfona and Hermes Potatoes With Different Shape Index", *Journal of Agricultural Machinery Science*, 8(1): 41-57.

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the mass modeling of Marfona, Hermes potato varieties with different shape indexes according to their geometric properties, projection areas, and volume properties. As different classifications in models for mass estimation; classification according to dimensions, 1st classification, 2nd classification according to projection area, and 3rd classification according to volume properties. For this purpose, the mass estimations were made according to geometric dimension characteristics as the length (l), width (w), thickness (t) dimensions, geometric mean diameter (Gmd), projected area characteristics as the first, second, and third projection areas (FPA , SPA , TPA), and criteria area (Cae), volume characteristics as the oblate spheroid (V_{obsp}) and ellipsoid spheroid (V_{ellsp}) of Marfona and Hermes and mixed potato varieties with shape index. Potatoes were characterized as round (100-160) and oval (161-240) according to the shape index (SI). For mass estimation, a general total of 114 linear regression models were used in the analyzes, and models were proposed considering the maximum coefficient of determination (R^2), minimum regression standard error (RSE), and root mean square error ($RMSE$) values. The model gave a maximum coefficient of determination (R^2), minimum regression standard error (RSE), and root mean square error ($RMSE$) values among all models, without taking into account shape index, mass estimation with ellipsoid sphere volume for round (100-160) shape index as $m=2.830 + 1.169V_{ellsp}$ ($R^2=0.940$, $RSE=5.112$, $RMSE=5.035$) in Hermes variety, and it can be recommended. Suggested models for mass estimation can be used in the design, project, and development of machines and systems for classification, cleaning, and sizing operations for post-harvest use of potato tubers.

1. GİRİŞ

Patates, Türkiye'de, temel gıda maddesi olarak yaygın bir şekilde yetiştirilmektedir. Türkiye'de, patates, 2019 yılında 4 milyon 979 bin ton üretimine karşın 2020 yılı istatistiklerine göre %4.4 artışla 5 milyon 200 bin ton üretimi ile çok önemli bir endüstri bitkisidir. Patates yumrularının kalitesi, çeşide, coğrafi etkilere, yetiştirme yöntemlerine göre farklılık göstermektedir (Anonymous, 2021).

Patateslerin boyutları, ABD sınıflandırmasına göre çap boyutuna bağlı olarak göre farklılık göstermektedir. Farklı boyutlandırmalar ve şekil farklılıkları bu sınıflandırma içinde yer almaktadır. Mekanik sınıflandırmada, genelde en küçük boyut tohumluk patates için kullanılmaktadır. Hasat sonrası patates yumruları, farklı boyutlara göre (>50 mm, 30–50 mm ve <30 mm pazarlanamaz) sınıflandırıldığı gibi, şekilsiz patatesleri seçme, hasarlı olanları ayırma ve patatesleri şekillerine göre paketleme işlemlerini bantlarda işçiler gerçekleştirmektedir.

Tüketiciler, aynı şekil ve büyüklükteki patatesleri tercih ettiğinden tarımsal ürün için şekil özelliği en önemli özelliklerdendir. Sınıflandırma, tek tip şekil ve boyut elde etmeye katkıda bulunmakta, böylece paketleme ve nakliye maliyetleri düşmekte, aynı zamanda optimal bir paketleme konfigürasyonu sağlamakla, ürün standartlarının karşılanması, pazar değerinin artırılması ve pazarlama faaliyetlerine önemli katkılar sağlanabilmektedir (Rashidi ve Seyfi, 2008).

Patatesler, çaplarına göre (>50 mm, 30–50 mm and <30 mm) olarak sınıflandırıldığı gibi, yuvarlak, oval, uzun ve çok uzun şekil özellikleriyle de sınıflandırılabilir. Patates yumrularının şekil indeksi (*SI*), özellikle üretici, tüketici ve sanayici için farklı kullanım amaçlarına göre önemli bir kalite parametresidir (Henriksen ve ark., 2006).

Kütle, boyut, yüzey alanı, hacim ve ağırlık gibi fiziksel özellikler patates yumrularının mekanik özelliklerini etkileyen parametrelerdir. Patates yumrularındaki değişkenlikler, şekil indeksi ile karakterize edilebilir. Herhangi bir ürünün boyutu genel olarak kütlesi ile ilişkilendirilebilir. Seçilen geometrik özellikler temelinde sınıflandırma, toplu bir sınıflandırmadan daha etkili bir sonuç verebilir. Ayrıca, ürünün kütle modeli bilindiğinde, ürünün kütlesinin geometrik özelliklerinden kolayca tahmin edilebilmesi mümkündür.

Kütle modellemesini tahmin etmek için, tarımsal materyallerin fiziksel karakteristiklerinin kullanıldığı çok sayıda çalışma yapılmıştır. Örneğin: Tabatabaeefar (2002), patates çeşitleri için; Lorestani ve Tabatabaeefar (2006), bergamot meyvesi için; Jahromi ve ark. (2007), kivi meyvesi için; Sharifi ve ark. (2007), portakal meyvesi için; Gorji Chakespari ve ark. (2010), elma çeşitleri için; Berberoglu ve ark., (2014), patates çeşitleri için; Saraçoğlu ve Özarslan (2015) kiraz domates meyveleri için; Mahawar et al. (2019), kinnow mandarin için; Sasikumar ve ark. (2020), kan meyvesi (blood fruit, *Haematocarpus validus*) için; Zainal A'Bidin ve ark (2020) muz meyveleri için; Altuntaş (2021), Japon elması için; Altuntas ve Mahawar (2021), karayemiş meyvesi için kütle modellemesi çalışmalarını yapmışlardır.

Vursavuş ve Kesilmiş (2016), Bandita F1 çeşidine ait domates meyveleri için hasarsız çarpma tekniği kullanarak kütle tahminlerine ait değişik modeller geliştirmişlerdir. Bu kapsamda değerlendirdikleri model eşitliği için çarpma parametreleriyle ölçülen ve tahmini domateslerin kütle değerleri arasındaki ilişkinin yüksek olduğunu ($R^2=0.94$ ve $R^2=0.92$) ifade etmişlerdir. Boydas ve ark. (2012), yenedünya meyvelerine ait çeşit ve genotipleri için kütle, boyut ve şekil özelliklerine yönelik görüntü işleme tekniğini kullanmıştır. Demir ve ark. (2019), farklı badem çeşitlerinin fiziksel özelliklerini eliptik Fourier yaklaşımıyla karşılaştırarak şekil analizlerini belirlemişlerdir.

Rashidi ve Gholami (2008), kütle tahminlerinin geometrik özelliklere dayalı olarak modellenmesinin ticari ölçekte faydalı ve uygulanabilir olabildiğini vurgulamışlardır. Tabatabaeefar (2002), patateslerin boyut ve şekil özelliklerini incelemiş, sınıflandırma ve derecelendirme açısından hacim ve karıştırılmış çeşitler arasında önemli bir korelasyon ($r=0.98$) bulmuştur.

Kütle modellenmesi kullanılarak elde edilen matematiksel ilişkiler, patates yumrularının ticari ölçekte derecelendirmesine yardımcı olmasının yanında sürecin daha doğru ve daha az emekle yapılmasına da katkı sunabilmektedir. Bu durum, patates yumrularının üretici, tüketici ve sanayici açısından ürünün pazar değerini ve ticarileştirme potansiyelini artırabilmektedir. Bu nedenle, bu araştırmanın amacı, kütle tahmini için patates yumrularının şekil indeksine dayalı optimum kütle modellerinin belirlenmesidir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

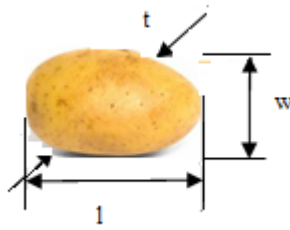
Çalışmadaki kullanılan, patates Marfona ve Hermes çeşididir (Şekil 1). Marfona çeşidi, Hollanda, Hermes çeşidi ise Avusturya menşelidir (Anonymous, 2005). Marfona orta erkenci, yüksek verimli bir çeşit olup, Hermes çeşidi ise, cips sanayinde kullanılan bir çeşittir. Patatesler, Nevşehir ilindeki bir üreticiden temin edilmiştir.



(a) Marfona çeşidi

(b) Hermes çeşidi

Şekil 1. Patates çeşitleri



Şekil 2. Bir patates yumrusunun üç eksenli boyutunun (l, w, t) gösterimi.

Marfona ve Hermes patates çeşitlerine ait yumrular için öngörülen kütle modellenmesinde birincil olarak boyutlar (Şekil 2), ikincil olarak projeksiyon alanı ve üçüncül olarak hacim olmak üzere 3 farklı sınıflandırma yapılmıştır. Boyuta dayalı model sınıflandırması için farklı patateslerin bağımsız değişkenleri (uzunluk, genişlik, kalınlık ve geometrik ortalama çap sırasıyla l , w , t , Gmd) dikkate alınarak kütle modellenmesi yapılmıştır. İkincil olarak projeksiyon alanına dayalı model sınıflandırması ve kütle tahmini için her bir çeşit ve her bir SI için patates yumrularının birinci, ikinci ve üçüncü projeksiyon alanları (FPA , SPA , TPA) ve kriter alanı (Cae) dikkate alınmıştır. Üçüncül olarak yapılan sınıflandırmada, her bir çeşit ve her bir SI için hacim parametreleri olarak basık küre ve elipsoid küre hacimleri (V_{obs} ve V_{ellsp}) dikkate alınarak kütle modellenmesi yapılmıştır.

Patates yumrularının kütle modellemesi için yumru boyutları, projeksiyon alanları ve hacim özellikleri kapsamında, patates yumrularının aksel boyutlarının ölçümünde 0.01 mm hassasiyetli dijital kumpas (Mitutoyo, CD-6CSX, Japonya) kullanılmıştır. Patates yumrularının birim kütlelerinin belirlenmesi için ise 0.01 g çözünürlükteki dijital elektronik terazi (Radwag, PS 4500/C/1, Polonya) kullanılmıştır. Geometrik ortalama çap değeri aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Gmd = (lwt)^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

Her patates çeşidi için patates yumrularının şekil indeksi (*SI*) aşağıda verilen denklem kullanılarak hesaplanmıştır (Singh ve ark., 2004):

$$SI = \frac{l^2}{wt} \times 100 \quad (2)$$

Şekil indeksine göre patates yumruları sırasıyla yuvarlak (*SI*=100-160) ve oval (*SI*=161-240) olarak tanımlanmış ve her *SI* grubu için Morfona ve Hermes çeşidi için 100'er yumru kullanılmıştır. Karıştırılmış çeşit tanımlamasında ise her *SI* grubu için çeşit bazında 200 yumru değerlendirmeye alınmıştır.

Projeksiyon alanlarına göre kütle tahmininde kullanılan birinci projeksiyon alan (*FPA*), ikinci projeksiyon alanı (*SPA*), üçüncü projeksiyon alanı (*TPA*) ve kriter alanı (*Cae*) değerleri için aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (Khezri ve ark., 2012).

$$FPA = \frac{\pi lw}{4} \quad (3)$$

$$SPA = \frac{\pi lt}{4} \quad (4)$$

$$TPA = \frac{\pi wt}{4} \quad (5)$$

$$Cae = \frac{FPA + SPA + TPA}{3} \quad (6)$$

Patates yumrularının kütle tahmini için kütle hacimle ilişkilendirilmiş olup, patates yumrularının hacimleri, basık küre (oblate spheroid, V_{obsp}) ve elipsoid küre (elipsoid spheroid, V_{ellsp}) hacimleri, Jahromi ve ark. (2008); Altıntaş ve Mahawar (2021) tarafından açıklanan aşağıdaki eşitlikler kullanılarak belirlenmiştir.

$$V_{obsp} = \frac{4\pi}{3} \left(\frac{l}{2}\right) \left(\frac{w}{2}\right)^2 \quad (7)$$

$$V_{ellsp} = \frac{4\pi}{3} \left(\frac{l}{2}\right) \left(\frac{w}{2}\right) \left(\frac{t}{2}\right) \quad (8)$$

Araştırmada patates yumrularının kütle tahmini için aşağıdaki çoklu lineer (doğrusal) regresyon modeli kullanılmıştır.

$$Y = k_0 + k_1X_1 + k_2X_2 + k_3X_3 + \dots + k_nX_n \quad (9)$$

Y = Bağımlı değişken (Patates yumrusu),

X_1, X_2, \dots, X_n = Bağımsız değişkenler (Patates yumrusunun meyvelerinin fiziksel özellikleri),

$k_0, k_1, k_2, \dots, k_n$ = Regresyon katsayılarıdır (Rashidi ve Seyfi, 2008).

Her üç model sınıflandırması için, bir, iki veya üç farklı bağımsız değişken aşağıdaki gibi dikkate alınarak kütle modellemesi formüle edilmiştir. Birinci grup kütle boyut özelliklerine ait patates yumrularının l, w, t, Gmd değerleri sırasıyla geometrik boyutlarına ait kütle tahmini model eşitlikleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$m = k_1l + k_2 \quad (10)$$

$$m = k_1w + k_2 \quad (11)$$

$$m = k_1t + k_2 \quad (12)$$

$$m = k_1l + k_2w + k_3 \quad (13)$$

$$m = k_1l + k_2t + k_3 \quad (14)$$

$$m = k_1w + k_2t + k_3 \quad (15)$$

$$m = k_1l + k_2w + k_3t + k_4 \quad (16)$$

İkinci grup sınıflandırmada, projeksiyon alanı tahmin modelleri için, patates çeşitleri ve patates yumrularının FPA, SPA, TPA, Cae projeksiyon alanları dikkate alınarak; bir, iki veya üç projeksiyon alanının bir fonksiyonu olarak kütle tahmini model eşitlikleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$m = k_1FPA + k_2 \quad (17)$$

$$m = k_1SPA + k_2 \quad (18)$$

$$m = k_1TPA + k_2 \quad (19)$$

$$m = k_1Cae + k_2 \quad (20)$$

$$m = k_1FPA + k_2SPA + k_3 \quad (21)$$

$$m = k_1FPA + k_2TPA + k_3 \quad (22)$$

$$m = k_1SPA + k_2TPA + k_3 \quad (23)$$

$$m = k_1FPA + k_2SPA + k_3TPA + k_4 \quad (24)$$

Üçüncü grup sınıflandırmada, hacimsel kütle tahmin modelleri için, patates yumrularının V_{obsp} ve V_{ellsp} (basık küre ve elipsoid küre) gibi hacimlerine göre bir ve iki değişkenli hacmin bir fonksiyonu olarak kütle tahmini model eşitlikleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$m = k_1V_{obsp} + k_2 \quad (25)$$

$$m = k_1V_{ellsp} + k_2 \quad (26)$$

$$m = k_1V_{obsp} + k_1V_{ellsp} + k_3 \quad (27)$$

Üç sınıflandırmada da her bir çeşitte boyutlar için 8, toplamda 24, projeksiyon alanları için 8 toplamda 24 ve hacimler için 3 toplamda 9 olmak üzere; şekil indeksi için de aynı değerler dikkate

alındığında genel toplamda $57 \times 2 = 114$ doğrusal regresyon modeli belirlenmiş ve tüm veriler için Microsoft Excel programı kullanılmıştır. Analizlerde belirtme katsayısı (R^2) ve regresyon standart hatası (RSE) ile kök ortalama kare hatası ($RMSE$) dikkate alınmıştır. Maksimum R^2 ve minimum RSE ve $RMSE$ (Kök ortalama kare hatası) değerlerine sahip modeller kütle tahmini için önerilebilir olarak kabul edilmiştir (Mahawar ve ark., 2019; Altuntas ve Mahawar, 2021).

Kök ortalama kare hatası (hatanın ortalama karekökü, $RMSE$) aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (Rashidi ve Gholami, 2011).

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(M_i - m_i)^2}{n}} \quad (28)$$

M_i = Ölçümü yapılan patates yumrusu,
 m_i = Kütle modeli ile tahmin edilen patates yumrusu,
 n = örnek sayısı'dır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Farklı şekil indeksine sahip sırasıyla yuvarlak (100-160) ve oval (161-240) şekilli farklı patates çeşitlerine (Marfona, Hermes ve Karışık) ait kütle modellerinin belirlenmesinde kullanılan bazı fiziksel özellikler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Farklı şekil indeksine sahip Marfona, Hermes ve karışık patates çeşitlerinin fiziksel özellikleri

Fiziksel özellikler	Yuvarlak (SI=100-160)			Oval (SI=161-240)		
	Marfona	Hermes	Karışık (*)	Marfona	Hermes	Karışık
Şekil İndeksi (SI)	144.632±10.568	143.277±10.736	143.955±10.647	193.013±21.888	174.568±11.900	183.791±19.856
Kütle (m, g)	105.014±8.640	95.316±21.109	100.165±16.806	113.818±20.238	96.341±22.634	105.079±23.138
Uzunluk (l, cm)	6.289±0.234	5.970±0.490	6.130±0.415	7.030±0.558	6.447±0.562	6.739±0.630
Genişlik (w, cm)	5.567±0.165	5.508±0.441	5.552±0.335	5.615±0.494	5.412±0.604	5.513±0.559
Kalınlık (t, cm)	4.899±0.207	4.101±0.467	4.714±0.353	4.590±0.325	4.414±0.310	4.502±0.329
Geometrik ortalama çap (Gmd, cm)	5.554±0.128	5.289±0.398	5.422±0.324	5.644±0.386	5.349±0.465	5.496±0.451
Birincil projeksiyon alanı (FPA, cm ²)	27.651±1.488	25.972±4.029	26.811±3.144	31.143±4.758	27.642±5.247	29.393±5.295
İkincil projeksiyon alanı (SPA, cm ²)	24.206±1.507	21.344±3.302	22.775±2.934	25.425±3.426	22.473±3.432	23.949±3.727
Üçüncül projeksiyon alanı (TPA, cm ²)	21.529±1.024	19.681±2.926	20.605±2.375	20.307±2.868	18.890±3.300	19.598±3.164
Kriter alan (Cae, cm ²)	24.462±1.146	22.332±3.345	23.397±2.713	25.625±3.541	23.002±3.961	24.313±3.972
Basık küre hacmi (V_{obs} , cm ³)	103.286±8.199	96.496±22.108	99.891±16.976	117.996±27.913	101.786±29.594	109.891±29.822
Elipsoid küre hacmi (V_{ellsp} , cm ³)	90.320±6.362	79.171±17.620	87.745±14.346	95.936±19.872	82.334±20.815	89.412±21.412

*: n= 200 yumru; ±: Standart sapma

Patates çeşitleri dikkate alınmadan; yuvarlak şekle sahip SI=100-160 grup için, fiziksel parametre aralıkları; 95.32-105.01 g (m), 5.97-6.29 cm (l), 5.51-5.57 cm (w), 5.29-5.55 cm (Gmd), 22.33-24.46 cm² (Cae), 96.50-103.29 cm³ (V_{obs}) ve 79.17-90.32 cm³ (V_{ellsp}) olarak bulunurken, SI değerleri ise 143.28-144.63 aralığında değişmiştir. Oval şekil indeksine sahip SI=161-240 grupta fiziksel parametre aralıkları ise 96.34-113.82 g (kütle), 6.45-7.03 cm (uzunluk), 5.41-5.62 cm (genişlik), 5.35-5.64 cm

(*Gmd*), 23.00-25.63 cm² (*Cae*), 101.79-118.00 cm³ (*V_{obsp}*) ve 82.33-95.94 cm³ (*V_{ellsp}*) olarak bulunmuş, *SI* değerleri ise 174.57-193.01 aralığında değişmiştir. Tabatabaeefar (2002), Vital, Agria ve Ajacks patates çeşitleri için patates yumrularının ortalama geometrik ortalama çaplarının sırasıyla 4.92 cm, 6.50 cm, 6.20 cm ve yumru ağırlığının ise sırasıyla 71.1, 219, 173 g olduğunu bildirmiştir. Özellikle Agria çeşidi patates yumrularına ait değerlerin, çalışmada kullanılan Marfona ve Hermes çeşitlerinden daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir.

Altıntaş ve ark. (2013), Jelly patates çeşidine ait patates yumrularının 4 farklı patates boyutuna göre; uzunluk, genişlik, kalınlık, geometrik ortalama çap değerlerinin 5.41-10.08 cm, 4.05-7.00 cm, 3.60-5.59 cm ve 4.27-7.29 cm aralığında değiştiğini açıklamışlardır. Abd Elhay (2017), Astrix, Diamont and Santana patates çeşitleri arasında uzunluk, genişlik ve kalınlık değerlerinin sırasıyla 66.48-9.88 cm, 4.51-5.82 cm ve 3.87-4.41 cm aralığında değiştiğini belirtmişlerdir.

Çalışmada, patates yumrularına ait kütle ile boyutlar, projeksiyon alanı ve hacimlere ait ilişkilere dair korelasyon katsayıları (*R*) belirlenmiş ve Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Farklı şekil indeksine sahip Marfona, Hermes ve karışık patates çeşitlerinin kütle ve fiziksel özelliklerine ilişkin korelasyon katsayıları

Fiziksel özellikler	Yuvarlak (<i>SI</i> =100-160)								
	Marfona			Hermes			Karışık çeşit		
	Oran	DF	R	Oran	DF	R	Oran	DF	R
<i>m/l</i>	16.698	98	0.756**	15.966	98	0.918**	16.341	198	0.898**
<i>m/w</i>	18.764	98	0.624**	17.305	98	0.891**	18.050	198	0.850**
<i>m/t</i>	21.436	98	0.333 ^{ns}	21.048	98	0.877**	21.250	198	0.780**
<i>m/Gmd</i>	18.907	98	0.868**	12.907	98	0.983**	18.475	198	0.951**
<i>m/FPA</i>	3.798	98	0.794**	3.670	98	0.969**	3.736	198	0.935**
<i>m/SPA</i>	4.338	98	0.541*	4.843	98	0.960**	4.398	198	0.900**
<i>m/TPA</i>	4.878	98	0.751**	4.014	98	0.975**	4.861	198	0.925**
<i>m/Cae</i>	4.293	98	0.846**	4.268	98	0.982**	4.281	198	0.956**
<i>m/Vobsp</i>	1.017	98	0.975**	0.988	98	0.975**	1.003	198	0.920**
<i>m/Vellsp</i>	1.163	98	0.998**	1.204	98	0.998**	1.182	198	0.956**
Oval (<i>SI</i> =161-240)									
<i>m/l</i>	16.190	98	0.798**	14.943	98	0.782**	15.594	198	0.822**
<i>m/w</i>	20.272	98	0.855**	17.801	98	0.722**	19.059	198	0.777**
<i>m/t</i>	24.800	98	0.739**	21.829	98	0.695**	23.343	198	0.738**
<i>m/Gmd</i>	20.167	98	0.932**	18.011	98	0.758**	19.118	198	0.851**
<i>m/FPA</i>	3.655	98	0.963**	3.485	98	0.993**	3.575	198	0.851**
<i>m/SPA</i>	4.477	98	0.871**	4.287	98	0.969**	4.388	198	0.836**
<i>m/TPA</i>	5.605	98	0.878**	5.100	98	0.967**	5.362	198	0.815**
<i>m/Cae</i>	4.442	98	0.956**	4.188	98	0.993**	4.322	198	0.856**
<i>m/Vobsp</i>	0.965	98	0.975**	1.000	98	0.975**	0.956	198	0.835**
<i>m/Vellsp</i>	1.186	98	0.998**	1.144	98	0.998**	1.179	198	0.855**

DF: Serbestlik derecesi; R: Korelasyon katsayısı; **: $p < 0.01$ önemli; ns: Önemsiz

Çizelge 2'ye göre, yuvarlak ve oval şekil indeksi bazında; farklı çeşit patates yumrularının kütleleri ile boyut, projeksiyon alanı ve hacimleri arasındaki ilişkiler sırasıyla; uzunluk, genişlik, geometrik ortalama çap, birinci projeksiyon alan, ikinci projeksiyon alan, üçüncü projeksiyon alan, kriter alanı, basık küresel hacim ve eliptik küresel hacim arasındaki ilişki aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

Yuvarlak şekilli patates yumruları için (SI=100-160);

Marfona çeşidi için:

$$m = 16.70l = 18.76w = 21.44t = 18.91Gmd = 3.80FPA = 4.34SPA = 4.88TPA = 4.29Cae = 1.02V_{obsp} = 1.16V_{ellsp} \quad (29)$$

Hermes çeşidi için:

$$m = 15.97l = 17.31w = 21.05t = 12.91Gmd = 3.67FPA = 4.84SPA = 4.01TPA = 4.27Cae = 0.99V_{obsp} = 1.20V_{ellsp} \quad (30)$$

Karışık çeşit için:

$$m = 16.34l = 18.05w = 21.25t = 18.48Gmd = 3.74FPA = 4.40SPA = 4.86TPA = 4.28Cae = 1.00V_{obsp} = 1.18V_{ellsp} \quad (31)$$

Oval şekilli patates yumruları için (SI=161-240);

Marfona çeşidi için:

$$m = 16.19l = 20.27w = 24.80t = 20.17Gmd = 3.66FPA = 4.48SPA = 5.61TPA = 4.44Cae = 0.97V_{obsp} = 1.19V_{ellsp} \quad (32)$$

Hermes çeşidi için:

$$m = 14.94l = 17.80w = 21.83t = 18.01Gmd = 3.49FPA = 4.29SPA = 5.10TPA = 4.19Cae = 1.00V_{obsp} = 1.14V_{ellsp} \quad (33)$$

Karışık çeşit için:

$$m = 15.59l = 19.06w = 23.34t = 19.12Gmd = 3.58FPA = 4.39SPA = 5.36TPA = 4.32Cae = 0.96V_{obsp} = 1.18V_{ellsp} \quad (34)$$

Kütle ve fiziksel özellikler arasındaki korelasyon katsayıları için; m/l , m/w , m/t , m/Gmd , m/FPA , m/SPA , m/TPA , m/Cae , m/V_{obsp} , m/V_{ellsp} arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

3.1. Birincil sınıflandırma: Boyutlara göre modelleme

Boyutlara göre kütle tahmini için SI=100-160 ve SI= 161-240 yuvarlak ve oval şekil indeksine göre patates yumrularının kütle tahmini için geliştirilen ve önerilen modeller Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3'te boyutlara göre kütle tahmini için tüm geliştirilen modeller içinde, SI=100-160 yuvarlak şekil indeksine göre geliştirilen ve önerilen modeller arasında patates çeşitlerinden Marfona çeşidinde, uzunluk, genişlik ve kalınlık boyutlarının birlikte değerlendirildiği üç değişkenli model $m = -159.236 + 10.541l + 21.047w + 17.573t$ ($R^2=0.872$) olarak önerilirken, Hermes çeşidinde ise üç boyutlu değişkenli $m = -235.512 + 20.328l + 26.976w + 12.586t$ ($R^2=0.842$) model önerilebilir. Karıştırılmış çeşit değerlendirmesinde ise yuvarlak şekil indeksine göre üç değişkenli kütle modeli $m = -171.281 + 15.687l + 20.059w + 13.550t$ ($R^2=0.912$) olarak önerilebilir. Ancak, kütle tahmininde maksimum belirtme katsayısı (R^2), minimum regresyon standart hatası (RSE) ve kök ortalama karesel hata ($RMSE$) değerlerine göre genel olarak önerilecek model ise Hermes çeşidinde, geometrik ortalama çap değerine göre önerilen model olabilir:

$$m = -175.742 + 51.248Gmd \quad (R^2=0.933) \quad (35)$$

Çizelge 3. Yuvarlak ve oval şekil indeksli Marfona ve Hermes patates çeşitleri için boyut sınıflandırmasına dayalı doğrusal regresyon modelleri

SI=100-160						SI=161-240				
Patates çeşidi	No	Model	R ²	RSE	RMSE	No	Model	R ²	RSE	RMSE
Marfona	1.1	$m = -66.251 + 27.216l$	0.557	5.617	5.532	1.9	$m = -90.448 + 29.048l$	0.633	12.309	12.123
	1.2	$m = -71.101 + 31.450w$	0.363	6.737	6.635	1.10	$m = -85.907 + 35.545w$	0.734	10.475	10.317
	1.3	$m = 34.172 + 14.416t$	0.117	7.935	7.815	1.11	$m = -97.025 + 45.952t$	0.540	13.774	13.565
	1.4	$m = -213.65 + 18.432Gmd$	0.752	4.202	4.139	1.12	$m = -163.730 + 49.159Gmd$	0.870	7.338	7.227
	1.5	$m = -173.942 + 23.312l + 23.640w$	0.763	4.184	4.100	1.13	$m = -126.806 + 14.773l + 24.332w$	0.825	8.507	8.335
	1.6	$m = -96.516 + 25.63l + 8.214t$	0.593	5.389	5.280	1.14	$m = -144.131 + 20.193l + 25.266t$	0.737	10.420	10.210
	1.7	$m = -180.418 + 34.87w + 18.409t$	0.562	5.588	5.475	1.15	$m = -145.012 + 26.846w + 23.528t$	0.832	8.321	8.153
	1.8	$m = -235.512 + 20.328l + 26.976w + 12.586t$	0.842	3.354	3.269	1.16	$m = -159.236 + 10.541l + 21.047w + 17.573t$	0.872	7.271	7.086
Hermes	2.1	$m = -140.842 - 39.559l$	0.835	8.453	8.326	2.9	$m = -106.876 + 31.510l$	0.609	14.223	14.008
	2.2	$m = -137.386 + 42.225w$	0.788	9.595	9.450	2.10	$m = -50.870 + 27.214w$	0.518	15.784	15.546
	2.3	$m = -128.515 + 49.413t$	0.760	10.209	10.055	2.11	$m = -128.302 + 50.872t$	0.480	16.385	16.138
	2.4	$m = -175.742 + 51.248Gmd$	0.933	5.389	5.308	2.12	$m = -100.949 + 36.880Gmd$	0.570	14.904	14.678
	2.5	$m = -155.912 + 25.053l + 18.453w$	0.873	7.432	7.281	2.13	$m = -104.690 + 29.042l + 2.538w$	0.605	14.282	13.994
	2.6	$m = -164.783 + 25.764l - 23.477t$	0.905	6.409	6.280	2.14	$m = -90.113 + 39.188l - 15.010t$	0.611	14.187	13.900
	2.7	$m = -172.235 + 25.797w + 27.694t$	0.908	6.318	6.190	2.15	$m = -84.812 + 18.956w + 17.804t$	0.524	15.676	15.359
	2.8	$m = -175.438 + 14.756l + 15.430w + 21.568t$	0.932	5.451	5.313	2.16	$m = -79.970 + 35.860l + 5.835w - 19.594t$	0.610	14.193	13.834
Karışık	3.1	$m = -121.962 + 36.234l$	0.804	7.427	7.371	3.9	$m = -98.493 + 30.206l$	0.675	13.227	13.127
	3.2	$m = -135.584 + 42.451w$	0.719	8.876	8.809	3.10	$m = -73.211 + 32.321w$	0.605	14.583	14.473
	3.3	$m = -74.483 + 37.028t$	0.611	10.457	10.378	3.11	$m = -128.797 + 51.956t$	0.543	15.686	15.568
	3.4	$m = -166.631 + 49.200Gmd$	0.904	5.187	5.147	3.12	$m = -135.286 + 43.722Gmd$	0.724	12.176	12.085
	3.5	$m = -158.282 + 24.044l + 19.999w$	0.872	5.991	5.930	3.13	$m = -111.197 + 20.146l + 14.594w$	0.722	12.222	12.100
	3.6	$m = -134.783 + 27.958l + 13.479t$	0.842	6.657	6.591	3.14	$m = -130.485 + 22.973l + 17.935t$	0.700	12.713	12.585
	3.7	$m = -168.929 + 30.090w + 21.631t$	0.867	6.102	6.040	3.15	$m = -125.429 + 21.345w + 25.050t$	0.661	13.524	13.388
	3.8	$m = -171.281 + 15.687l + 20.059w + 13.550t$	0.912	4.978	4.916	3.16	$m = -128.128 + 17.422l + 12.352w + 10.586t$	0.729	12.075	11.923

m: kütle; *l*: uzunluk, *w*: genişlik; *t*: kalınlık; *k_i* is regresyon katsayısı; *RSE*: regresyon standart hatası, *RMSE*: kök ortalama kare hatası.

SI=161-240 oval şekil indeksine göre boyutlar açısından patates yumrularının kütle tahmin etmede geliştirilen ve önerilen modeller arasında patates çeşitlerinden Hermes çeşidinde, uzunluk, genişlik ve kalınlık boyutlarının göre $m = -159.236 + 10.541l + 21.047w + 17.573t$ ($R^2=0.872$) olarak belirlenirken, Marfona çeşidinde uzunluk ve kalınlık boyutlarının dikkate alındığı iki değişkenli $m = -90.113 + 39.188l - 15.010t$ ($R^2=0.611$) modeli ve karıştırılmış çeşit değerlendirmesinde ise uzunluk, genişlik ve kalınlık boyutlarının dikkate alındığı üç değişkenli kütle modeli $m = -128.128 + 17.422l + 12.352w + 10.586t$ ($R^2=0.729$) önerilebilir. Ancak kütle tahminlerinde maksimum belirtme katsayısı (R^2), minimum regresyon standart hatası (RSE) ve kök ortalama karesel hata ($RMSE$) değerlerine önerilen model ise Hermes çeşidi için, uzunluk, genişlik ve kalınlık boyutları ile aşağıdaki eşitliği verilen modeldir:

$$m = -159.236 + 10.541l + 21.047w + 17.573t \quad (R^2=0.872) \quad (36)$$

Valencia ve Moro çeşidine ait portakal meyvelerinin görüntü işleme yöntemiyle, şekil ve boyut özelliklerini Sayıncı ve ark. (2012) incelemişler ve portakal çeşitlerinin geometrik ortalama çap ve yüzey alanını tahminlemede kütle ve hacim arasında yüksek belirtme katsayılarına yönelik lineer eşitlikler geliştirmişlerdir. Er ve ark. (2013) ise, makine öğrenmesiyle otomatik olarak standartlara uygun ve daha hızlı bir meyve sınıflandırma işlemi için, elmaların bant üzerindeki anlık görüntülerini Matlab programı yardımıyla işleyerek görüntüler üzerinden renk, boyut ve kütle tahminleri yapmışlardır. Bu noktada, boyut, renk, sınıf ve kütle tahmininin %95.5 başarı ile sağlandığını açıklamışlardır.

3.2. İkincil sınıflandırma: Projeksiyon alanlarına göre modelleme

Projeksiyon alanlarına göre kütle tahmini için SI=100-160 ve SI= 161-240 yuvarlak ve oval şekil indeksine göre projeksiyon alanları açısından patates yumruların kütle tahmin etmede geliştirilen ve önerilen modeller Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4'te projeksiyon alanlarına göre kütle tahmini için tüm geliştirilen modeller içinde, SI=100-160 yuvarlak şekil indeksine göre birinci, ikinci ve üçüncü projeksiyon alanları ve kriter alan açısından Marfona çeşidinde, birinci, ikinci ve üçüncü projeksiyon alanlarının birlikte değerlendirildiği üç değişkenli model $m = -64.572 + 3.943FPA + 0.7275SPA + 1.992TPA$ ($R^2=0.846$) önerilirken, Hermes çeşidinde ise üç projeksiyon alanı değişkenli $m = -42.003 + 1.484FPA + 2.201SPA + 2.633TPA$ ($R^2=0.937$) modeli önerilebilir. Karıştırılmış çeşit değerlendirmesinde ise yuvarlak şekil indeksine göre üç değişkenli projeksiyon alanına göre kütle modeli $m = -40.495 + 2.720FPA + 1.000SPA + 2.180TPA$ ($R^2=0.919$) önerilebilir. Ancak kütle tahminlerinde maksimum belirtme katsayısı (R^2), minimum regresyon standart hatası (RSE) ve kök ortalama karesel hata ($RMSE$) değerlerine önerilecek genel model ise Hermes çeşidinde, birinci, ikinci ve üçüncü projeksiyon alanlarına göre aşağıda eşitliği verilen modeldir:

$$m = -42.003 + 1.484FPA + 2.201SPA + 2.633TPA \quad (R^2=0.937) \quad (37)$$

Çizelge 4. Yuvarlak ve oval şekil indeksli Marfona ve Hermes patates çeşitleri için projeksiyon sınıflandırmasına dayalı doğrusal regresyon modelleri

<i>SI=100-160</i>			<i>SI=161-240</i>							
Patates çeşidi	No	Model	<i>R</i> ²	<i>RSE</i>	<i>RMSE</i>	No	Model	<i>R</i> ²	<i>RSE</i>	<i>RMSE</i>
Marfona	1.1	$m = -34.817 + 5.056FPA$	0.763	4.113	4.051	1.9	$m = -7.876 + 3.903FPA$	0.828	8.431	8.304
	1.2	$m = 12.673 + 3.808SPA$	0.459	6.209	6.115	1.10	$m = -16.623 + 5.129SPA$	0.749	10.179	10.026
	1.3	$m = -16.126 + 5.619TPA$	0.461	6.199	6.105	1.11	$m = -17.810 + 6.477TPA$	0.834	8.286	8.161
	1.4	$m = -46.82 + 6.20Cae$	0.772	4.036	3.975	1.12	$m = -23.826 + 5.367Cae$	0.872	7.274	7.164
	1.5	$m = -49.089 + 4.134FPA + 1.641SPA$	0.822	3.558	3.486	1.13	$m = -18.208 + 2.768FPA + 1.798SPA$	0.849	7.905	7.745
	1.6	$m = -66.296 + 4.110FPA + 2.676TPA$	0.841	3.368	3.300	1.14	$m = -19.724 + 1.991FPA + 3.517TPA$	0.874	7.209	7.064
	1.7	$m = -17.038 + 2.164SPA + 3.228TPA$	0.523	5.835	5.717	1.15	$m = -24.590 + 1.666SPA + 4.725TPA$	0.851	7.855	7.696
	1.8	$m = -64.572 + 3.943FPA + 0.7275SPA + 1.992TPA$	0.846	3.311	3.227	1.16	$m = -22.753 + 1.740FPA + 0.804SPA + 3.045TPA$	0.876	7.141	6.960
Hermes	2.1	$m = -32.128 + 4.907FPA$	0.873	7.410	7.298	2.9	$m = 4.804 + 3.312FPA$	0.584	14.658	14.437
	2.2	$m = -35.284 + 6.121SPA$	0.903	6.481	6.383	2.10	$m = -15.947 + 4.992SPA$	0.570	14.915	14.689
	2.3	$m = -40.402 + 6.895TPA$	0.913	6.129	6.036	2.11	$m = 1.888 + 5.000TPA$	0.526	15.654	15.417
	2.4	$m = -41.598 + 6.132Cae$	0.937	5.240	5.161	2.12	$m = -3.479 + 4.339Cae$	0.572	14.866	14.641
	2.5	$m = -39.530 + 2.103FPA + 3.760SPA$	0.929	5.500	5.438	2.13	$m = -2.308 + 2.389FPA + 1.451SPA$	0.582	14.685	14.389
	2.6	$m = -41.836 + 1.786FPA + 4.612TPA$	0.928	5.571	5.458	2.14	$m = 19.937 + 8.826FPA - 8.870TPA$	0.619	14.029	4.111
	2.7	$m = -40.907 + 2.712SPA + 3.977TPA$	0.927	5.625	5.511	2.15	$m = -17.171 + 5.553SPA - 0.603TPA$	0.566	14.984	14.681
	2.8	$m = -42.003 + 1.484FPA + 2.201SPA + 2.633TPA$	0.937	5.231	5.099	2.16	$m = 7.593 - 7.676FPA + 2.911SPA - 9.999TPA$	0.626	13.905	13.553
Karışık	3.1	$m = -33.564 + 4.987FPA$	0.872	5.987	5.942	3.9	$m = -4.617 + 3.729FPA$	0.725	12.174	12.083
	3.2	$m = -16.865 + 5.136SPA$	0.810	7.312	7.257	3.10	$m = -19.334 + 5.194SPA$	0.698	12.746	12.650
	3.3	$m = -34.369 + 6.526TPA$	0.857	6.333	6.285	3.11	$m = -12.059 + 55.974TPA$	0.664	13.446	13.345
	3.4	$m = -38.028 + 5.904Cae$	0.913	4.930	4.893	3.12	$m = -16.475 + 4.998Cae$	0.733	11.990	11.899
	3.5	$m = -36.448 + 3.265FPA + 2.153SPA$	0.910	5.013	4.963	3.13	$m = -14.029 + 2.405FPA + 2.019SPA$	0.734	11.885	11.766
	3.6	$m = -41.836 + 1.786FPA + 4.612TPA$	0.916	4.859	4.810	3.14	$m = -6.489 + 3.371FPA + 0.634TPA$	0.723	12.188	12.066
	3.7	$m = -41.807 + 2.823SPA + 3.214TPA$	0.866	6.141	6.080	3.15	$m = -21.6181 + 3.343SPA + 2.267TPA$	0.712	12.445	12.320
	3.8	$m = -40.495 + 2.720FPA + 1.000SPA + 2.180TPA$	0.919	4.760	4.700	3.16	$m = -13.688 + 2.480FPA + 2.057SPA - 0.176TPA$	0.736	11.914	11.764

m: kütle; *FPA*: uzunluk, *SPA*: genişlik; *TPA*: kalınlık; *Cae*: Kriter alan; *k_i* is regresyon katsayısı; *RSE*: regresyon standart hatası, *RMSE*:Kök ortalama kare hatası.

SI=161-240 oval şekil indeksine göre birinci, ikinci ve üçüncü projeksiyon alanları ve kriter alan açısından patates yumrularının kütesini tahmin etmede geliştirilen ve önerilen modeller arasında patates çeşitlerinden Marfona çeşidinde, birinci, ikinci ve üçüncü projeksiyon alanların birlikte değerlendirildiği üç değişkenli model $m = -22.753 + 1.740FPA + 0.804SPA + 3.045TPA$ ($R^2=0.876$) olarak belirlenirken, Hermes çeşidinde ise üç projeksiyon alan değişkenli $m = 7.593 - 7.676FPA + 2.911SPA - 9.999TPA$ ($R^2=0.626$) modeli bulunmuştur. Karıştırılmış çeşit değerlendirmesinde ise yuvarlak şekil indeksine göre üç değişkenli projeksiyon alanına göre kütle modeli olarak $m = -13.688 + 2.480FPA + 2.057SPA - 0.176TPA$ ($R^2=0.736$) modeli önerilebilir. Ancak, kütle tahminlerinde maksimum belirtme katsayısı (R^2), minimum regresyon standart hatası (RSE) ve kök ortalama karesel hata ($RMSE$) değerlerine göre önerilecek genel model ise Marfona çeşidinde, birinci, ikinci ve üçüncü projeksiyon alanlarına göre aşağıda eşitliği verilen modeldir:

$$m = -22.753 + 1.740FPA + 0.804SPA + 3.045TPA \quad (R^2=0.876) \quad (38)$$

Saraçoğlu (2017), erik meyvelerinin kütle modellemesinde, projeksiyon alanlarına göre en yüksek R^2 değeri modeller içerisinde; Santa Rosa çeşidinde $m = -24.083 + 0.046PA_3$ ($R^2=0.961$, $RMSE=1.300$) ile Can çeşidinde ise $m = -5.247 + 0.026PA_1$ ($R^2 = 0.934$, $RMSE= 0.891$) olarak bulunduğunu açıklamıştır. Altuntas ve ark. (2014), üç değişkenli projeksiyon alanına dayalı kütle modellemesi en yüksek R^2 ve daha düşük RSE 'ye sahip olup, Jelly, Milva ve Sante patates çeşitleri için sırasıyla 0.858, 0.832 ve 0.843 olarak bulunmuş ve önerilen modelin Jelly patates çeşidi için $m = -40.883 + 1.515PL + 1.804PW + 2.890PT$ ($R^2=0.858$) olarak tahmin edildiğini 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 önerilmiştir.

3.3. Üçüncül sınıflandırma: Hacimlere göre modelleme

Hacimlere göre kütle tahmini için SI=100-160 ve SI= 161-240 yuvarlak ve oval şekil indeksine göre hacim değerleri açısından patates yumrularının kütesini tahmin etmede geliştirilen ve önerilen modeller Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Yuvarlak ve oval şekil indeksli Marfona ve Hermes patates çeşitleri için hacim sınıflandırmasına dayalı doğrusal regresyon modelleri

Patates çeşidi	No	SI=100-160			SI=161-240			R^2	RSE	RMSE
		Model	R^2	RSE	RMSE	No	Model			
Marfona	1.1	$m = 14.045 + 0.880V_{obsP}$	0.699	4.631	4.561	1.4	$m = 35.292 + 0.664V_{obsP}$	0.825	8.499	8.370
	1.2	$m = 0.674 + 1.154V_{ellsp}$	0.748	4.238	4.174	1.5	$m = 21.834 + 0.958V_{ellsp}$	0.875	7.179	7.071
	1.3	$m = -9.317 + 0.470V_{obsP} + 0.728V_{ellsp}$	0.845	3.323	3.256	1.6	$m = 23.188 + 0.136V_{obsP} + 0.776V_{ellsp}$	0.877	7.123	6.979
Hermes	2.1	$m = 9.772 + 0.886V_{obsP}$	0.859	7.817	7.699	2.4	$m = 37.795 + 0.576V_{obsP}$	0.560	15.083	14.855
	2.2	$m = 2.830 + 1.169V_{ellsp}$	0.940	5.112	5.035	2.5	$m = 28.769 + 0.820V_{ellsp}$	0.565	14.994	14.767
	2.3	$m = 2.850 - 0.027V_{obsP} + 1.201V_{ellsp}$	0.939	5.136	5.033	2.6	$m = 30.975 + 0.158V_{obsP} + 0.599V_{ellsp}$	0.561	15.057	14.753
Karışık	3.1	$m = 9.398 + 0.908V_{obsP}$	0.844	6.625	6.575	3.4	$m = 33.463 + 0.651V_{obsP}$	0.699	12.723	12.627
	3.2	$m = 5.503 + 1.116V_{ellsp}$	0.914	4.924	4.887	3.5	$m = 22.479 + 0.926V_{ellsp}$	0.731	12.022	11.931
	3.3	$m = 3.475 + 0.257V_{obsP} + 0.837V_{ellsp}$	0.924	4.623	4.577	3.6	$m = 23.050 + 0.053V_{obsP} + 0.854V_{ellsp}$	0.730	12.047	11.926

SI=100-160 yuvarlak şekil indeksine göre basık küre ve elipsoid küre hacimleri açısından patates yumrularının kütesini tahmin etmede geliştirilen ve önerilen modeller arasında Marfona çeşidi patateste, basık küre ve elipsoid küre hacminin birlikte değerlendirildiği iki değişkenli model $m = -9.317 + 0.470V_{obsP} + 0.728V_{ellsp}$ ($R^2=0.845$) olarak belirlenirken, Hermes çeşidinde ise elipsoid küre

hacminin tek değişkenli olduğu $m=2.830+1.169V_{ellsp}$ ($R^2=0.940$) modeli bulunmuştur. Karıştırılmış çeşit değerlendirilmesinde ise yuvarlak şekil indeksine göre iki değişkenli basık küre ve ve elipsoit küre hacminin yer aldığı $m=3.475 + 0.257V_{obsp} + 0.837V_{ellsp}$ ($R^2=0.924$) modeli önerilebilir. Ancak *kütle tahminlerinde maksimum belirtme katsayısı* (R^2), minimum regresyon standart hatası (RSE) ve kök ortalama karesel hata ($RMSE$) değerlerine önerilecek genel model Hermes çeşidinde ise, elipsoid küre hacminin yer aldığı tek değişkenli aşağıda eşitliği verilen modeldir:

$$m=2.830+1.169V_{ellsp} (R^2=0.940) \quad (39)$$

SI=161-240 oval şekil indeksine göre basık küre ve elipsoid küre hacimleri açısından açılarından patates yumrularının kütle tahmin etmede geliştirilen ve önerilen modeller arasında patates çeşitlerinden Marfona çeşidinde, basık küre ve ve elipsoit küre hacminin birlikte değerlendirildiği iki değişkenli model $m= 23.188 + 0.136V_{obsp} + 0.776V_{ellsp}$ ($R^2=0.877$) olarak belirlenirken, Hermes çeşidinde ise elipsoid küre hacminin tek değişkenli olduğu $m= 28.769 + 0.820V_{ellsp}$ ($R^2=0.565$) modeli bulunmuştur. Karıştırılmış çeşit değerlendirilmesinde ise oval şekil indeksine göre iki değişkenli basık küre ve ve elipsoid küre hacminin yer aldığı $m= 22.479 + 0.926V_{ellsp}$ ($R^2=0.731$) modeli önerilebilir. Ancak *kütle tahminlerinde maksimum belirtme katsayısı* (R^2), minimum regresyon standart hatası (RSE) ve kök ortalama karesel hata ($RMSE$) değerlerine önerilecek genel model Hermes çeşidinde ise, elipsoid küre hacminin olduğu aşağıda eşitliği verilen tek değişkenli modeldir:

$$m= 23.188 + 0.136V_{obsp} + 0.776V_{ellsp} (R^2=0.877) \quad (40)$$

Tabatabaeefar (2002), farklı patates çeşitlerinde, fiziksel özellikler arasındaki ilişkileri belirlemiş ve karıştırılmış patateslerin (Draga+Agria+Ajacks) hacmi ve boyutları arasında $\ln V= 1.2 \ln a + 0.94 \ln b + 0.86 \ln c - 7.28$ modeliyle $R^2 = 0.98$ belirtme katsayısıyla yüksek bir korelasyon bulunduğunu; karıştırılmış patates çeşitlerinde kütle ve hacim arasında çok yüksek bir belirtme katsayısı ($R^2 = 0.994$) ile elde edilen model denkleminin $m=-0.6+0.93V$ olduğunu açıklamıştır. Golmohammadi ve Purrahi (2009), Agria, Satina ve Kayzer çeşitleri arasında patates yumrularının hacim değerlendirmesine göre önemli farklılıklar olduğunu ifade etmişlerdir. Altıntaş ve ark (2013), farklı patates çeşitleri ile yaptıkları çalışmada Jelly patates çeşidi için iki değişkenli kütle modellemesi olarak $m=0.613 + 0.0004V_{obsp} + 0.001V_{ellsp}$ ($R^2=0.985$) modelini önermişlerdir.

4. SONUÇ

Çalışmada, Marfona ve Hermes patates çeşidi ile karışık çeşitli patates yumrularının yuvarlak (SI=100-160) ve oval (SI=161-240) yumru şekil indeksine göre boyutları, projeksiyon alanları ve hacimlerle ilişkili olarak kütlelerinin tahmin edilmesine yönelik lineer modeller geliştirilmiştir. Patates çeşitleri arasında yuvarlak şekil indeksine göre boyutlar açısından patates yumruların kütle tahmin etmede geliştirilen model Hermes çeşidinde geometrik ortalama çap değerine göre $m=-175.742 + 51.248Gmd$ ($R^2=0.933$) olarak önerilirken, oval şekil indeksine göre Marfona çeşidinde $m=-159.236 + 10.541l + 21.047w + 17.573t$ ($R^2=0.872$) olarak üç değişkenli model önerilebilir. Projeksiyon alanlarına göre geliştirilen kütle tahmin modelinde yuvarlak (SI=100-160) şekil indeksine göre Hermes çeşidinde $m=-42.003 + 1.484FPA + 2.201SPA + 2.633TPA$ ($R^2=0.937$) üç değişkenli model önerilirken, oval (SI=161-240) yumru şekil indeksine göre Marfona çeşidinde

$m = -22.753 + 1.740FPA + 0.804SPA + 3.045TPA$ ($R^2=0.876$) üç değişkenli model önerilebilir. Geometrik boyutlar dikkate alınarak hesaplanan basık ve elipsoid küre hacimlerine göre patates çeşitleri için yuvarlak (SI=100-160) yumru şekil indeksine göre Hermes çeşidinde $m = 2.830 + 1.169V_{ellsp}$ ($R^2=0.940$) tek değişkenli model önerilirken, oval (SI=161-240) yumru şekil indeksine göre Marfona çeşidinde $m = 23.188 + 0.136V_{obsp} + 0.776V_{ellsp}$ ($R^2=0.877$) iki değişkenli model önerilebilir. Boyutlar, projeksiyon alanları ve hacimsel olarak kütle tahminlerinde önerilen modeller; patates yumrularının hasat sonrası tohumluk, sofralık ve sanayilik amaçlı kullanımına yönelik olarak sınıflandırma, temizleme ve boyutlandırma işlemlerine ilişkin makine ve sistemlerin tasarım, projeleme ve geliştirilmesinde kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Abd Elhay, YB. (2017). Determination of some physical and mechanical properties of potato tubers related to design of sorting, cleaning and grading machine. *Misr Journal of Agricultural Engineering*, 34 (3), 1375-1388.
- Anonymous. (2005). Netherlands Potato Consultative Foundation (NIVAP), Netherlands, 2005. Available at: <http://europotato.org/datasource>.
- Anonymous. (2021, Şubat 01). <https://www.tarimorman.gov.tr>.
- 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 Gaziosmanpaşa University*, 38(1), 87-94.
- Altuntas, E., Yilmaz, G., Karan, Y.B., Dulger, E. (2013). [Assessment of the physico-mechanical, chemical and colour characteristics of potatoes depending on tuber size and cultivar](#). *International Journal of Food Engineering*, 9(4), 487-497.
- 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 Gaziosmanpaşa 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., Sayıncı, 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.
- 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.
- Henriksen, C.B., Molgaard, J.P., Rasmussen, J. (2006). The effect of autumn ridging and inter-row subsoiling on potato tuber yield and quality on a sandy soil in Denmark. *Soil & Tillage Research*, 93: 309-315.

- 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.
- 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 Gaziosmanpasa University*, 34 (3), 82-90.
- Saraçoğlu, T., Özarlan, 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.
- Singh, S., Kumar, D., Singh B.P. (2004). Short note quantification of tuber shape in Indian potato cultivars. *Potato Journal*, 31(3-4), 205-207.
- Tabatabaeefar, A. (2002). Size and shape of potato tubers. *International Agrophysics*, 16: 301-305.
- 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.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction and Research Questions & Purpose

Potatoes can be classified according to their diameters (>50 mm, 30–50 mm, and <30 mm), as well as in different sizes with their round, oval, long, and very long shape indexes. The shape index (SI) of potato tubers is an important quality parameter, especially for producers, consumers, and industrialists, according to different usage purposes. Physical properties such as mass, size, projected area, and volume are parameters that affect the mechanical behavior of potato tubers against force. Mathematical relationships using mass models according to different shape indices can help grade potato tubers on a commercial scale, as well as contribute to a more accurate and less labor-intensive process. The aim of this study was to determine the mass modeling of Marfona, Hermes potato varieties with different shape indexes according to their geometric properties, projection areas, and volume properties.

Methodology

The potato varieties used in the study are Marfona and Hermes varieties. As different classifications in models for mass estimation; classification according to dimensions, 1st classification, 2nd classification according to projection area, and 3rd classification according to volume properties. For this purpose, the mass estimations were made according to geometric dimension characteristics as the length (l), width (w), thickness (t) dimensions, geometric mean diameter (Gmd), projected area characteristics as the first, second, and third projection areas (FPA , SPA , TPA), and criteria area (Cae), volume characteristics as the oblate spheroid (V_{obsp}) and ellipsoid spheroid (V_{ellsp}) of Marfona and Hermes and mixed potato varieties with shape index. Potatoes were characterized as round (100-160) and oval (161-240) according to the shape index (SI). For mass estimation, a general total of 114 linear regression models were used in the analyzes, and models were proposed considering the maximum coefficient of determination (R^2), minimum regression standard error (RSE), and root mean square error ($RMSE$) values.

Results and Conclusions

The model gave a maximum coefficient of determination (R^2), minimum regression standard error (RSE), and root mean square error ($RMSE$) values according to dimensions, considering the shape index, as $m = -159.236 + 10.541l + 21.047w + 17.573t$ ($R^2=0.872$) in Marfona variety for $SI=161-240$ oval shape index can be recommended. Among the models determined for mass estimation according to the round shape index according to the projection areas, the model as $m = -42.003 + 1.484FPA + 2.201SPA + 2.633TPA$ ($R^2=0.937$) for the Hermes variety can be recommended. The model gave a maximum coefficient of determination (R^2), minimum regression standard error (RSE), and root mean square error ($RMSE$) values among all models, without taking into account shape index, mass estimation with ellipsoid sphere volume for round (100-160) shape index as $m = 2.830 + 1.169V_{ellsp}$ ($R^2=0.940$, $RSE=5.112$, $RMSE=5.035$) in Hermes variety and it can be recommended. The suggested models for mass estimation can be used in the design, project, and development of machines and systems for classification, cleaning, and sizing operations for post-harvest use of potato tubers.

Yazarların Biyografisi



Ebubekir ALTUNTAŞ

1967 yılında Sivas'ta doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Sivas'ta yaptı. Lisans eğitimini 1985-1989 yılları arasında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Mekanizasyon Bölümünde tamamladı. Yüksek lisans eğitimini 1992-1994 yılları arasında Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları A.B.Dalında; doktora eğitimini ise 1994-1998 yılları arasında Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları A.B.Dalında tamamladı. 1993 yılında Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. Aynı bölüme, 2000 yılında yardımcı Doçent, 2006 yılında Doçent olarak ve 2012 yılında Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Tarımda Makine Sistemleri bilim dalına Profesör olarak atandı. Halen aynı üniversitede görev yapmaktadır. Birçok bilimsel ve akademik çalışma ve faaliyetlerde görev almış olup, 120'nin üzerinde bilimsel makale ve yayını bulunmaktadır. Evli ve iki çocuk babasıdır.

İletişim ebubekir.altuntas@gop.edu.tr
ORCID Adresi <https://orcid.org/0000-0003-3835-1538>