

Farklı Nem İçeriklerinin Aspir Tohumlarının Geometrik, Hacimsel, Sürtünme ve Renk Özelliklerine Etkisi

Effect of Different Moisture Contents on Geometrical, Volumetric, Frictional and Color Properties of Safflower Seeds

Şerife Aysuhan Gedik^{1,*} Şaziye Dökülen² Ebubekir Altuntaş³

¹Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat, Türkiye.

²Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tokat, Türkiye.

³Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tokat, Türkiye.

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): Ş.A. Gedik, e-mail (e-posta): aysuhangedik9@gmail.com

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 23.06.2025
Düzeltilme tarihi : 01.08.2025
Kabul tarihi : 08.08.2025

Anahtar Kelimeler:

Küresellik
Sürtünme katsayısı
Kroma

Atfı için:

Gedik, Ş.A., Dökülen, Ş., Altuntaş, E., (2025). "Farklı Nem İçeriklerinin Aspir Tohumlarının Geometrik, Hacimsel, Sürtünme ve Renk Özelliklerine Etkisi", Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 21(2): 121-138.

ÖZET

Bu çalışmada, aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin (Remzibey-05, Shifa, Göktürk), bazı fiziksel özellikleri (geometrik, hacimsel, sürtünme ve renk özellikleri), nem içeriğinin bir fonksiyonu olarak belirlenmiştir. Denemeler üç farklı nem içeriğinde yürütülmüştür. Nem içerikleri, çeşitler bazında Remzibey-05 için %6.08; %10.31 ve %20.89; Shifa için %6.36; %11.59 ve %19.72 ve Göktürk için %6.04, %9.95 ve %20.69 olarak belirlenmiştir. Remzibey-05, Shifa ve Göktürk çeşitlerine ait tohumlarda nem içeriğinin artışıyla geometrik özellik (geometrik ortalama çap, küresellik, yüzey alanı) değerlerinde bir artış görülmüştür. Remzibey-05 ve Göktürk çeşitleri için, hacimsel özelliklerden tohum ağırlığı, 1000 tane ağırlığı, hacim değerleri nem içeriği ile artış gösterirken, hacim ağırlığı, gerçek hacim ağırlığı ve porozite değerlerinde azalışlar görülmüştür. Remzibey-05 çeşidinde doğal yığılma açısı değerleri nem içeriğinin artışıyla azalırken, Shifa ve Göktürk çeşitlerinde artışlar görülmüştür. Shifa ve Göktürk çeşitlerinde nem içeriği değişimiyle tüm sürtünme yüzeylerinde sürtünme katsayısı değerleri artış göstermiştir. Shifa ve Göktürk çeşitlerinde L^* ve a^* renk değerleri azalırken b^* , Kroma ve Hue açısı değerlerinde artışlar görülmüştür. Aspir tohumlarının geometrik, hacimsel, sürtünme ve renk özellikleri; hasat sonrası teknolojiler olarak ayırma, sınıflandırma, taşıma, pazarlama, koruma (depolama, işleme, vb.) proseslerinde kullanılacak makine ve sistemlerin dizaynı, geliştirilmesi ve işletme aşamalarında önemli mühendislik verileri olarak kullanılabilir.

Article Info

Received date : 23.06.2025
Revised date : 01.08.2025
Accepted date : 08.08.2025

Keywords:

Sphericity
Coefficient of friction
Chroma

How to Cite:

Gedik, Ş.A., Dökülen, Ş., Altuntaş, E., (2025). "Effect of Different Moisture Contents on Geometrical, Volumetric, Frictional and Color Properties of Safflower Seeds", Journal of Agricultural Machinery Science, 21(2): 121-138.

ABSTRACT

In this study, some physical properties (geometrical, volumetric, frictional and color properties) of safflower (*Carthamus tinctorius*) cultivars (Remzibey-05, Shifa, Göktürk) were determined as a function of moisture content. The experiments were conducted at three different moisture contents. Moisture contents were determined as 6.08%, 10.31% and 20.89% for Remzibey-05, 6.36%, 11.59% and 19.72% for Shifa and 6.04%, 9.95% and 20.69% for Göktürk. There was an increase in geometric trait (geometric mean diameter, sphericity, surface area) values with the increase in moisture content in seeds of Remzibey-05, Shifa and Göktürk varieties. For Remzibey-05 and Göktürk varieties, seed weight, 1000 seed mass and volume values of volumetric traits increased with moisture content, while volume weight, actual volume weight and porosity values decreased. While natural angle of repose values decreased with increasing moisture content in Remzibey-05 variety, increases were observed in Shifa and Göktürk varieties. In Shifa and Göktürk varieties, friction coefficient values increased on all friction surfaces with the change in moisture content. While L^* and a^* color values decreased in Shifa and Göktürk varieties, b^* , Chroma and Hue angle values increased. Geometric, volumetric, friction and color properties of safflower seeds; design and development of machines and systems to be used in the processes of separation, classification, transportation, marketing, preservation (storage, processing, etc.) as post-harvest technologies.

1. GİRİŞ

Değerli bir yağ kaynağı olan aspir (*Carthamus tinctorius* L.) tek yıllık ve otsu bir bitkidir (Baydar ve Erbaş, 2020). Yalancı safran, Amerikan safranı ve boyacı safranı olarak da adlandırılan aspir, genellikle 50–150 cm arasında boylanabilen, dikenli ve dikensiz formları olan, sarı, beyaz, kırmızı ve turuncu gibi farklı renklerde çiçek açan, dallanan ve dallarının ucunda tablaları olan ve tablaların içerisinde beyaz ve krem renkli tohumlarının bulunduğu, yaklaşık 110-140 gün vejetasyon süresine sahip bir yağ bitkisidir (Babaoğlu, 2007; Nacar ve ark., 2016). Aspir, sıcak ve soğuk iklim şartlarına adapte olabilen ve kuru tarım koşullarında yetiştiriciliği yapılabilen, yabancı otlara ve tuzluluğa toleransıya da sulu tarım koşullarında alternatif olarak değerlendirilebilecek bir bitkidir. Aspir bitkisinin bu önemli avantajları nedeniyle diğer yağ bitkilerine göre tarımsal üretim potansiyelinin daha yüksek olduğu görülmektedir (Baydar ve Turgut, 1993; Baydar ve Gökmen, 2003; Baydar ve Erbaş, 2007).

Aspir bitkisinin tarımı için Türkiye uygun ekolojik koşullara sahip olmasına karşın, yağlı tohumlar, bitkisel yağlar ve türevlerinin ithalatı petrol ve petrol ürünlerinden sonra ithalat kaleminizde ikinci sırada yer almaktadır. Yağ ithalatımızı azaltmak ve bitkisel yağ açığımıza katkı sağlamak adına alternatif yağ bitkilerinin üretimi büyük önem taşımaktadır (Küçük ve ark., 2021). Aspir bitkisinin neredeyse her bölgemizde kolaylıkla yetiştirilebilir olması, bitki kök yapısının derin ve aynı zamanda kuraklığa dayanıklılığı, Türkiye'nin yemeklik yağ gereksinimine katkı sağlayabilecektir. Ayrıca yüksek miktarda oleik asit içeriği olan aspir yağının, sera gazlarının azaltılması ve CO₂ emisyon miktarı ve hava kirliliğini azaltıcı bir biyodizel yakıt olarak önemli bir potansiyeli de mevcuttur (Öğüt ve ark., 2007; Kayaçetin ve ark., 2012; Babaoğlu, 2017).

Hem biyodizel üretim potansiyeliyle de alternatif bir enerji kaynağı olması hem de aspir bitkisinin küspesinin hayvan yemi olarak kullanılabilmesi, Türkiye'nin bitkisel yağ üretimindeki açığın giderilmesinde, üretim alanlarının artırılmasıyla hem üretici çiftçilerimize ve sanayicilerimize ticari anlamda önemli katkılarının olacağı görülmektedir (Erbaş, 2012). Tarımsal katkısı ve yüksek enerji potansiyeli olan aspir bitkisi, Türkiye'nin özellikle kurak ve yarı kurak tarım koşullarında alternatif ekim nöbetine uyabilecek değerli bir bitkidir (Uysal ve ark., 2006; Baydar ve Erbaş, 2007).

Tarımsal ürünlerin kaliteli ediniminde, hasat öncesi toprak, iklim ve tarımsal uygulama teknikleri gibi faktörler yanında, hasat yöntemleri, hasat sonrası koşullar, işlemler ve depolama önemli bir etkiye sahiptir. Tarımsal ürünlerin düzensiz şekil, boyut ve ölçülere sahip olduğu bilinmektedir. Bu ürünlere ait fiziksel özellikler (geometrik, hacimsel, sürtünme ve renk özellikleri), ekim, hasat, hasat sonrası işlemler, depolama, paketleme ve kalite kontrol aşamalarında dikkate alınmalıdır (Anonim, 2022). Tarımsal ürünlerin hasat ve hasat sonrası hem asgari enerji ve iş gücü kullanımıyla eldesinde kullanılacak makine ve sistemlerin dizaynı, yapımı ve geliştirilmesine yönelik olarak ilgili ürüne ait fiziksel özellikler olarak geometrik, hacimsel, sürtünme ve renk özelliklerinin belirlenmesi büyük önem arz etmektedir (Bracacescu ve ark., 2018).

Literatür araştırmalarında, aspir bitkisi ve tohumlarına ait fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikler üzerine çeşitli çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Çalışır ve ark. (2005), Konya yöresinde yetiştirilen aspir tohumlarının fiziksel özelliklerine farklı nem düzeylerinin etkilerini; Aktaş ve ark. (2006), Dinçer aspir çeşidine ait tohumların bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine farklı nem içeriklerinin etkisini; Shahbazi ve ark. (2011) ise, aspir bitkisi sapının bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine farklı nem içeriklerinin etkisini; Kobuk ve ark. (2019), farklı aspir çeşitlerine ait tohumların bazı fiziksel ve

kimyasal özelliklerini; Elton ve ark. (2017a, b), kurutmanın aspir tanelerinin temel fiziksel özelliklerine ve tanelerin hacimsel değişimine etkilerini değerlendirmişlerdir.

Yapılan bu çalışmada, farklı aspir çeşitleri olarak Remzibey-05, Shifa ve Göktürk çeşitlerine ait tohumların farklı nem içeriklerinin geometrik, hacimsel, sürtünme ve renk özelliklerine etkileri birlikte incelenmiş olması nedeniyle daha önceki çalışmalardan farklılık göstermekte olup, çalışmanın bilimsel literatüre katkı sunacağı öngörülmektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada kullanılan Remzibey-05, Shifa ve Göktürk aspir çeşitlerine ait tohumlar, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'nden temin edilmiştir.

Remzibey-05: Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından 2005 yılında tescil edilmiştir. Çiçek rengi sarı, tane rengi ise beyaz ve dikenli bir yapıya sahiptir. Bitki boyu 60-80 cm'dir. Bin tane ağırlığı 46-50 g ve yağ oranı ise %32-35'tir (Anonim, 2025a).

Shifa: Tacikistan'dan getirilen bir aspir çeşididir. Dikensiz bir çeşit olup, bitki boyu 50-97 cm'dir. Bin tane ağırlığı 37-43 g ve yağ oranı %24-28 arasında değişiklik göstermektedir (Katar ve ark., 2016; Yılmaz ve Dökülen, 2025).

Göktürk: Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından 2016 yılında tescil edilmiştir. Çiçek rengi sarı açıp turuncuya döner, tane rengi beyaz ve dikenli bir yapıya sahiptir. Bitki boyu 90-100 cm'dir. Bin tane ağırlığı 38-43 g ve yağ oranı %34-35 arasında değişiklik göstermektedir (Coşar, 2023; Anonim, 2025b).

Denemelerde kullanılan tohumlara ait geometrik, hacimsel özellikler, sürtünme ve renk özelliklerine ait ölçümler Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Biyolojik Malzeme Laboratuvarında yapılmıştır. Remzibey-05, Shifa ve Göktürk aspir çeşitlerine ait tohum örnekleri Şekil 1'de ve farklı nem içerikleri Çizelge 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Aspir çeşitlerine ait tohum örnekleri

2.1. Nem Ölçümünün belirlenmesi

Aspir çeşitlerine ait tohumların ilk nem içeriği, tohum örneklerinin $105\pm1^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta 24 saat süreyle kuru fırında (etüv) kurutulmasıyla, kuru baz (% k.b.) olarak belirlenmiştir (Altuntaş ve ark., 2020). Farklı nem içerikleri için tohum örnekleri, hesaplanan miktarlarda damıtılmış su ilave edilerek Eşitlik (1)'den yararlanılarak belirlenmiştir (Gupta ve Das, 1997; Saçılık ve ark., 2003).

$$Q = \frac{W_i (M_f - M_i)}{(100 - M_f)} \quad (1)$$

Q : Eklenecek saf su miktarı, (kg)

W_i : Materyal ağırlığı, (kg)

M_f : Arzu edilen son nem

M_i : Materyalin mevcut nemi

Arzu edilen farklı nem içerikleri için nem düzeyinin üniform bir şekilde kalması için tohum örnekleri kilitli plastik poşetlere konulmuş, 278°K'de 7 gün zarfında buzdolabında bekletilmiştir. Denemelere başlamadan önce istenilen miktarda örnekler buzdolabından alınarak oda sıcaklığına gelmesi sağlanmıştır (Aydın ve Özcan, 2002). Denemede, aspir çeşitlerine ait tohumlarının nem değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan aspir çeşitlerinin nem içeriği değerleri (% k. b.)*

<i>Nem içerikleri</i>	<i>Aspir çeşitleri</i>		
	<i>Remzibey-05</i>	<i>Shifa</i>	<i>Göktürk</i>
1. nem	6.08 ±0.129	6.36±0.391	6.04±0.216
2. nem	10.31±0.247	11.59 ±0.06	9.95±0.492
3. nem	20.80±0.428	19.72±0.136	20.69±0.292

*: % kuru baza göre nem içeriği

2.2. Boyut Özelliklerinin Belirlenmesi

Aspir tohumlarının geometrik ve hacimsel özelliklerini belirlemek için her bir çeşide ait nem içeriğinde 100 adet örnekleme tohumun uzunluk, (L_n), genişlik (W_d) ve kalınlık (T_i) değerleri 0.01 mm hassasiyetli dijital bir kumpas ile ölçülmüştür. Tohumların küresellik (S_h), geometrik ortalama çap (G_o) ve yüzey alanı (S_r) değerleri, aşağıda verilen Eşitlik (2-4) ile hesaplanmıştır (Mohsenin, 1980).

$$G_o = (L_n \times W_d \times T_i)^{0.33} \quad (2)$$

$$S_h = [(G_o/L_n)] \times 100 \quad (3)$$

$$S_r = \pi (G_o)^2 \quad (4)$$

L_n : Uzunluk

W_d : Genişlik

T_i : Kalınlık

G_o : Geometrik ortalama çap

S_h : Küresellik

S_r : Yüzey alanıdır

2.3. Hacim Ağırlıklarının Belirlenmesi

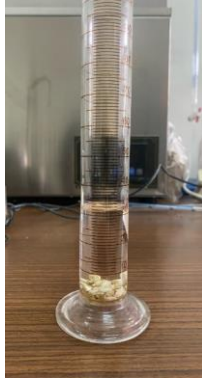
Her bir çeşide ait nem içerikleri için aspir tohum örneklerinin ağırlıklarının (M_t) ölçümü 0.001 g hassasiyetli elektronik dijital terazi ile yapılmıştır. 1000 tane ağırlıkları (M_{1000}) için üç tekrarlı 100 adet tohum örneğinin ağırlıklarının ortalamaları dikkate alınmıştır. Hektolitre yöntemiyle aspir tohumlarının yığın hacim ağırlığı (ρ_{mb}), gerçek hacim ağırlığı (ρ_{mt}) değerlerinde de sıvı yer değiştirme metodu

kullanılmış, sıvı akışkan olarak *Toluen* kullanılmıştır (Saçılık ve ark., 2003). Bu amaçla darası alınan dereceli ölçü kabına konulan aspir tohumlarının hacim (Şekil 2) ve örnek ağırlığından gerçek hacim ağırlığı (gerçek hacim ağırlığı, true density) kg m^{-3} cinsinden belirlenmiştir. Aspir tohumlarının hacmi (V_t) boyutsal eksenler porozite (P_{or}) değerinde ise hacim ağırlıkları dikkate alınarak Eşitlik (5 ve 6)'da belirlenebilmektedir (Mohsenin, 1980).

$$V_t = \pi/6 (L_n \times W_d \times T_i) \quad (5)$$

$$P_{or} = [(1 - \rho_{mb}) / (\rho_{mt})] \times 100 \quad (6)$$

Aspir çeşitlerine ait tohumların farklı sürtünme yüzeyleri (lastik, PVC, kontrplak, galvaniz sac ve laminant) kullanılarak statik sürtünme katsayısının belirlenmesinde, sürtünme ölçüm düzeneği kullanılmıştır. Bu düzenek, eğimi ayarlanabilir vidalı bir kola sahip olup, statik sürtünme katsayısı ölçüm sırasında, aspir tohumların eğimli yüzey üzerinde hareket etmeye başladığı ilk andaki okunan eğim (meyil) açısı dikkate alınarak belirlenmiştir (Yılmaz ve Altuntaş, 2020) (Şekil 3).



Şekil 2. Gerçek hacim ağırlığının belirlenmesi



Şekil 3. Statik sürtünme katsayısının belirlenmesi

Doğal yığılma açısının (θ_y °) belirlenmesinde 300 x 500 mm ölçülü üst ve altı açık bir silindir kullanılarak, örnekleme tohumlarla tamamen doldurulmuş silindirin düz bir plaka yüzey üzerinde konik bir şekil (Şekil 4) oluşmasına kadar yavaşça yukarı kaldırılmış, serbest yığılmalı tohumların oluşturduğu koninin eğim açısı, doğal yığılma açısı olarak belirlenmiş ve Eşitlik (7) ile hesaplanmıştır (Kaleemullah ve Gunasekar, 2002).

$$\theta_y = [(1 / \tan (\frac{H}{R}))] \quad (7)$$

H : Oluşan koninin yüksekliği, (cm)

R : Oluşan koninin taban yarıçapı, (cm)



Şekil 4. Doğal yığılma açısının belirlenmesi

2.4. Renk Özelliklerinin Belirlenmesi

Renk özelliklerinin belirlenmesi için farklı aspir tohumları renk ölçer cihazı kullanılmış, 9 ölçüm tekrarı yapılmıştır. Renk karakteristikleri arasında L^* (parlaklık), a^* (kırmızılık) değeri ve b^* (sarılık) değeri belirlenmiş, ilaveten Kroma (C) ve Hue açısı (α) Eşitlik (8 ve 9) kullanılarak hesaplanmıştır (McGuire, 1992).

$$C = (a^2 + b^2)^{0.5} \quad (8)$$

$$\alpha = 1/\tan \left[\left(\frac{b}{a} \right) \right] \quad (9)$$

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Farklı nem içeriklerinin Remzibey-05, Shifa ve Göktürk aspir çeşitlerine ait tohumların fiziksel özelliklerinden geometrik, hacimsel, sürtünme ve renk özelliklerine etkilerine sonuçlar başlıklar halinde verilmiştir.

3.1. Geometrik Özellikler

Farklı nem içeriklerinde aspir çeşitlerine ait tohumların geometrik özelliklerinden uzunluk, genişlik, kalınlık boyutlarının yanında geometrik ortalama çap, küresellik ve yüzey alanı değerleri çeşit bazında Remzibey-05, Shifa ve Göktürk çeşitleri için sırasıyla Tablo 2, 3 ve 4'te verilmiştir.

Tablo 2 incelendiğinde, Remzibey-05 çeşidinde boyut özelliklerinden uzunluk değeri nem içeriği değişimine göre 7.05-7.46 mm, genişlik değerleri 3.97-4.27 mm, kalınlık değerleri ise 2.78-2.91 mm arasında değişmiştir. Nem içeriğinin %6.08'den %20.89'a kadar artışında üç eksenli oluşturan boyutlarda sırasıyla %5.73, %7.64 ve %4.86 artışlar görülmüştür. Geometrik ortalama çap, küresellik ve yüzey alanı değerlerinin nem içeriği artışına göre değişimleri sırasıyla 4.25-4.51 mm, %60.36-60.58 ve 0.57-0.64 cm² arasında değişmiştir. Nem içeriğinin %6.08'den %20.89'a kadar artışında bu parametrelerde sırasıyla %6.12, %0.36 ve %12.28 artışlar görülmüştür. İstatistiksel olarak geometrik özelliklerden boyut özellikleri (uzunluk, genişlik, kalınlık), geometrik ortalama çap ve yüzey alanı değerleri üzerine nem içeriğinin etkisi $p < 0.01$ seviyesinde önemli bulunurken, küresellik değerlerine etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Tablo 2. Remzibey-05 aspir çeşidinde nem içeriğinin geometrik özelliklere etkisi

Nem içeriği (% k. b.)	Uzunluk (L_n , mm)	Genişlik (W_d , mm)	Kalınlık (T_i , mm)	Geometrik ortalama çap (G_o , mm)	Küresellik (S_h , %)	Yüzey alanı (S_r , cm ²)
6.08	7.052±0.172 b**	3.965±0.474 b**	2.777±0.334 b**	4.248±0.348 b**	60.359±4.098 a ^{ns}	0.569±0.093 b**
10.31	7.445±0.139 a**	4.199±0.173 a**	2.872±0.101 a**	4.463±0.120 a**	60.021±1.215 a ^{ns}	0.627±0.034 a**
20.89	7.456±0.146 a**	4.268±0.130 a**	2.912±0.059 a**	4.514±0.094 a**	60.582±0.520 a ^{ns}	0.642±0.028 a**
F değeri	22.600	12.549	6.167	18.249	0.583	16.750

±: standart sapma, ns: önemsiz, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

Shifa çeşidinde nem içeriğinin %6.36'dan %19.72'e kadar artışında uzunluk, genişlik ve kalınlık eksenlerinde sırasıyla %2.49, %4.27 ve %2.47 artışlar görülmüştür. Nem içeriğinin %6.36'dan %19.72'ye kadar artışında geometrik ortalama çap, küresellik ve yüzey alanı değerleri sırasıyla %3.12 %0.58 ve %6.35 artış göstermiştir. İstatistiki olarak geometrik ortalama çap ve küresellik değerleri üzerine nem içeriğinin etkisi önemsiz bulunmuş, yüzey alanına etkisi ise $p < 0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 3).

Tablo 3. Shifa aspir çeşidinde nem içeriğinin geometrik özelliklere etkisi

Nem içeriği (% k. b.)	Uzunluk (L_n , mm)	Genişlik (W_d , mm)	Kalınlık (T_i , mm)	Geometrik ortalama çap (G_o , mm)	Küresellik (S_h , %)	Yüzey alanı (S_r , cm ²)
6.36	7.112±0.186 a ^{ns}	3.983±0.157 b ^{**}	2.833±0.133 a ^{ns}	4.297±0.137 b ^{ns}	60.548±1.576 a ^{ns}	0.583±0.037 b [*]
11.59	7.134±0.231 a ^{ns}	3.998±0.141 b ^{**}	2.849±0.126 a ^{ns}	4.316±0.126 a ^{ns}	60.625±1.101 a ^{ns}	0.589±0.033 ab [*]
19.72	7.289±0.257 a ^{ns}	4.153±0.164 a ^{**}	2.903±0.145 a ^{ns}	4.431±0.163 a ^{ns}	60.900±1.395 a ^{ns}	0.620±0.044 a [*]
F değeri	1.820	3.745	0.739	2.596	0.182	2.722

±: standart sapma, ns: önemsiz, *: p<0.05, **: p<0.01

Göktürk çeşidinde nem içeriğinin %6.04'den %20.69'a kadar artışında uzunluk, genişlik ve kalınlık boyutlarında sırasıyla %2.02, %3.07 ve %7.11 artışlar görülmüşken, geometrik ortalama çap, küresellik ve yüzey alanı değerlerinde ise %4.06, %2.12 ve %8.1 artışlar görülmüştür. Nem içeriğinin geometrik ortalama çap değerleri üzerine etkisi p<0.01, genişlik ve yüzey alanı değerleri üzerine p<0.05 seviyesinde önemli bulunurken, uzunluk ve küresellik değerleri üzerine etkileri ise önemsiz bulunmuştur (Tablo 4). Tüm çeşitler bazında yapılan genel bir değerlendirmede uzunluk ve küresellik üzerine nem içeriğinin etkisi önemsiz iken yüzey alanı üzerine de p<0.05 seviyesinde önemli etkileri olduğu görülmüştür.

Tablo 4. Göktürk aspir çeşidinde nem içeriğinin geometrik özelliklere etkisi

Nem içeriği (% k. b.)	Uzunluk (L_n , mm)	Genişlik (W_d , mm)	Kalınlık (T_i , mm)	Geometrik ortalama çap (G_o , mm)	Küresellik (S_h , %)	Yüzey alanı (S_r , cm ²)
6.04	7.245±0.414 a ^{ns}	4.013±0.417 b [*]	2.741±0.282 b ^{**}	4.289±0.279 b ^{**}	59.256±3.445 a ^{ns}	0.580±0.075 b [*]
9.95	7.296±0.483 a ^{ns}	4.014±0.354 b [*]	2.800±0.259 b ^{**}	4.331±0.257 b ^{**}	59.475±3.158 a ^{ns}	0.592±0.070 b [*]
20.69	7.391±0.499 a ^{ns}	4.136±0.323 a [*]	2.936±0.285 a ^{**}	4.463±0.257 a ^{**}	60.512±3.353 a ^{ns}	0.627±0.072 a [*]
F değeri	1.137	3.412	7.549	7.405	2.495	2.722

±: standart sapma, ns: önemsiz, *: p<0.05, **: p<0.01

Geometrik özellikler bakımından; aspir çeşitlerinin boyutsal değerlerinde nem artışıyla birlikte artış gözlemlenmiş, bu durum daha önce benzer sonuçlara ulaşan Aktas ve ark. (2006) ile paralellik göstermektedir. Özellikle Göktürk ve Remzibey-05 çeşitlerinde geometrik ortalama çap ve yüzey alanı değerlerinde anlamlı artışlar tespit edilmiştir. Elton ve ark. (2017a)'nın kurutma işlemleri sırasında aspir tohumlarının boyutlarda azalmanın tespit edildiğini açıklamışlardır. Dolayısıyla aspir tohumları nem artışının boyutsal olarak eksenel olarak artış göstermiştir.

3.2. Hacimsel Özellikler

Aspir tohumlarının farklı nem içeriklerindeki tohum ağırlığı, 1000 tane ağırlığı yanı sıra tohum hacmi, hacim ağırlığı ve gerçek hacim ağırlığı, porozite değerleri Remzibey-05, Shifa ve Göktürk çeşitleri için sırasıyla Tablo 5, 6 ve 7'de verilmiştir.

Remzibey-05 çeşidinde tohum ağırlığı ve 1000 tane ağırlığı değerleri nem içeriği değişimine göre sırasıyla 0.043-0.053 g ve 39.40-45.37 g arasında değişirken, gerçek hacim ağırlığı ve porozite değerleri 978.3-884.6 kg m⁻³ ve %36.0-%32.8 aralığında değişim göstermiştir. Nem içeriğinin %6.08'den %20.89'a kadar artışında tohum tane ağırlığı ve 1000 tane ağırlığı değerleri sırasıyla %22.22 ve %15.15 artışlar, tohum hacim ağırlığı ve porozite değerlerinde ise sırasıyla %9.58 ile %8.91 oranında azalışlar görülmüştür. İstatistiki olarak tohum tane ağırlığı, 1000 tane ağırlığı ve hacim ağırlığı değerleri üzerine

nem içeriğinin etkisi $p < 0.01$ seviyesinde önemli bulunurken, tohum hacmi ve porozite değerleri üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur (Tablo 5).

Tablo 5. Remzibey-05 aspir çeşidinde nem içeriğinin hacimsel özelliklere etkisi

Nem içeriği (% k. b.)	Tohum ağırlığı (M_t , g)	1000 tane ağırlığı (M_{1000} , g)	Hacim (mm^3) V_t , cm^3	Hacim ağırlığı ρ_{mb} ($kg\ m^{-3}$)	Gerçek hacim ağırlığı (ρ_{mt} , $kg\ m^{-3}$)	Porozite (P_{or} , %)
6.08	0.0432±0.0031 b**	39.40±0.2309 a**	0.0412±0.0106 a ^{ns}	616.84±2.53 a**	978.30±97.24 a*	36.02±5.93 a ^{ns}
10.31	0.0459±0.0030 b**	41.23±0.4247 a**	0.0470±0.0086 a ^{ns}	618.72±4.84 a**	957.07±67.66 ab*	35.09±4.50 a ^{ns}
20.89	0.0528±0.0037 a**	45.37±0.2524 b**	0.0463±0.0084 a ^{ns}	592.94±6.58b**	884.57±44.97 b*	32.81±3.75 a ^{ns}
F değeri	22.690	79.562	1.021	50.841	3.107	0.709

±: standart sapma, ns: önemsiz, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

Tablo 6 incelendiğinde, Shifa çeşidinde tohum ağırlığı, 1000 tane ağırlığı ve gerçek hacim ağırlığı değerleri nem içeriği değişimine göre sırasıyla 0.040-0.051 g, 35.23-39.80 g ve 959.9-939.9 $kg\ m^{-3}$ arasında değişmiştir. Nem içeriğinin %6.36'dan %19.72'ye kadar artışında tohum tane ağırlığı ve 1000 tane ağırlığı değerleri sırasıyla %28 ve %12.97 artışlar görülürken, tohum hacim ağırlığında ise %2.08 oranında bir azalış görülmüştür. İstatistiksel olarak tohum tane ağırlığı üzerine nem içeriğinin etkisi $p < 0.01$ seviyesinde önemli bulunurken, 1000 tane ağırlığı ve hacim ağırlığı değerleri üzerine nem içeriğinin etkisi $p < 0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Tohum hacmi, gerçek hacim ağırlığı ve porozite değerleri üzerine nem içeriğinin etkisi önemsiz bulunmuştur.

Tablo 6. Shifa aspir çeşidinde nem içeriğinin hacimsel özelliklere etkisi

Nem içeriği (% k. b.)	Tohum ağırlığı (M_t , g)	1000 tane ağırlığı (M_{1000} , g)	Hacim (mm^3) V_t , cm^3	Hacim ağırlığı ρ_{mb} ($kg\ m^{-3}$)	Gerçek hacim ağırlığı (ρ_{mt} , $kg\ m^{-3}$)	Porozite (P_{or} , %)
6.36	0.0400±0.0028 b**	35.23±0.3372 b*	0.0369±0.0099 a ^{ns}	635.98±1.03 b*	959.86±104.02 a ^{ns}	33.01±8.14 a ^{ns}
11.59	0.0502±0.0034 a**	37.47±1.3154ab*	0.0440±0.0136 a ^{ns}	643.51±2.40 a*	951.94±72.92 a ^{ns}	32.05±5.44 a ^{ns}
19.72	0.0512±0.0034 a**	39.80±1.0786 a*	0.0450±0.0102 a ^{ns}	611.97±4.99 c*	939.85±83.44 a ^{ns}	34.47±5.64 a ^{ns}
F değeri	37.450	6.875	1.511	153.792	0.079	0.209

±: standart sapma, ns: önemsiz, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

Göktürk çeşidinde tohum ağırlığı, 1000 tane ağırlığı, hacim ağırlığı ve gerçek hacim ağırlığı değerleri nem içeriği değişimine göre sırasıyla 0.041-0.052 g, 39.80-43.17 g, 612.6-564.1 $kg\ m^{-3}$ ve 1029.7-848.0 $kg\ m^{-3}$ arasında değişmiştir. Nem içeriğinin %6.04'ten %20.69'a kadar artışında tohum tane ağırlığı ve 1000 tane ağırlığı değerleri sırasıyla %26.46 ve %8.47 artışlar gösterirken, hacim ağırlığı ve gerçek hacim ağırlığı değerleri ise %7.93 ve %176.50 oranında azalış göstermiştir. İstatistiksel olarak tohum tane ağırlığı üzerine nem içeriğinin etkisi $p < 0.01$ seviyesinde önemli bulunurken, 1000 tane ağırlığı, hacim ağırlığı ve gerçek hacim ağırlığı değerleri üzerine nem içeriğinin etkisi $p < 0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 7).

Tablo 7. Göktürk aspir çeşidinde nem içeriğinin hacimsel özelliklere etkisi

Nem içeriği (% k. b.)	Tohum ağırlığı (M_t , g)	1000 tane ağırlığı (M_{1000} , g)	Hacim (mm^3) V_t , cm^3)	Hacim ağırlığı ρ_{mb} ($kg\ m^{-3}$)	Gerçek hacim ağırlığı (ρ_{mt} , $kg\ m^{-3}$)	Porozite (P_{or} , %)
6.04	0.0412±0.0029 a**	39.80±1.0786 b*	0.0444±0.0086 a ^{ns}	612.64±4.21 a*	1029.72±180.45a*	38.84±11.55 ^{ns}
9.95	0.0439±0.0021 b**	40.03±0.9008 b*	0.0420±0.0075 a ^{ns}	602.34±2.84b*	998.48±97.54 ab*	39.22±5.58b ^{ns}
20.69	0.0521±0.025 c**	43.17±1.1027 a*	0.0472±0.0071 a ^{ns}	564.06±3.43 c*	847.97±57.84 b*	33.23±4.48b ^{ns}
F değeri	51.331	6.981	1.116	314.420	3.743	1.098

±: standart sapma, ns: önemsiz, *: $p<0.05$, **: $p<0.01$

Hacimsel özellikler açısından değerlendirmede, tohum ağırlığı ve 1000 tane ağırlığı nem artışıyla birlikte önemli oranda artış göstermiştir. Ancak hacim ağırlığı ve porozite değerlerinde azalmalar saptanmıştır. Çalışır ve ark. (2005), aspir tohumlarının 5.61, 14.08 ve 23.32 % k.b. nem içeriklerinde hacim ağırlığı, gerçek hacim ağırlığı ve porozite değerlerinin sırasıyla 526.9-488.6 $kg\ m^{-3}$, 1096.7-1187.6 $kg\ m^{-3}$ ve % 52.0-56.7 arasında değiştiğini açıklamışlardır. Bu çalışmada bulunan sonuçlar, Çalışır ve ark. (2005)'nin aspir tohumlarında artan nemle birlikte porozite ve hacim ağırlığındaki azalma gözlemleriyle uyumludur. Aynı şekilde, Göktürk çeşidinde belirlenen yüksek hacimsel değer farklılıkları da çeşitler arası genetik farkların etkili olduğunu düşündürmektedir. Kobuk ve ark. (2019) da benzer şekilde genotip farklılıklarının fiziksel özellikler üzerinde etkili olduğunu bildirmiştir. Tüm çeşitler bazında yapılan genel bir değerlendirmede tohum hacmi ve porozite üzerine nem içeriğinin etkisi önemsiz iken tohum tane ağırlığı üzerine $p<0.05$ seviyesinde önemli etkisi olduğu görülmüştür.

3.3. Doğal Yığılma Açısı

Aspir çeşitlerine ait tohumların farklı nem içeriklerindeki doğal yığılma açısı değerleri değişimi Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8 incelendiğinde, nem içeriği değişimine göre yığılma açıları Remzibey-05 çeşidi için 6.88°-8.41°; Shifa çeşidi için 7.03°-8.84° ve Göktürk çeşidi için 6.25°-8.43° arasında bulunmuştur. Nem içeriklerindeki değişime göre, Remzibey-05 ve Göktürk çeşidinde değerler arasında değişkenlik söz konusu iken, Shifa çeşidinde ise %20.09'luk bir artış gözlenmiştir. İstatistiksel olarak yığılma açısı değerleri üzerine nem içeriğinin etkisi Shifa çeşidinde $p<0.01$ seviyesinde, diğer çeşitlerde ise $p<0.05$ önemli bulunmuştur.

Tablo 8. Aspir çeşitlerinde nem içeriğinin yığılma açısına etkisi

Remzibey-05		Shifa		Göktürk	
Nem içeriği (% k. b.)	Yığılma açısı (θ , °)	Nem içeriği (% k. b.)	Yığılma açısı (θ , °)	Nem içeriği (% k. b.)	Yığılma açısı (θ , °)
6.08	8.41±1.21 a*	6.04	7.11±0.7203 b**	6.36	7.02±1.490 b*
10.31	6.88±0.8281 b*	9.95	7.03±0.7896 b**	11.59	6.25±0.6753 b*
20.89	7.68±1.18 ab*	20.69	8.84±0.9860 a**	19.72	8.43±0.9972 a*
F değeri	3.001	F değeri	8.909	F değeri	6.007

±: standart sapma, *: $p<0.05$, **: $p<0.01$

Tüm çeşitler baz alındığında doğal yığılma açısı çalışmasında 6.25°-8.84° aralığında bulunmuştur. Kobuk ve ark. (2019), aspir tohumları için doğal yığılma açısı değerlerinin ise 23.17°-26.23° aralığında olduğunu bulmuştur. Sonuçlardaki farklılığın nedeninin kullanılan çeşit farklılığı yanında tohumların yetiştirildiği ekolojik koşulların ve toprak özelliklerinin farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Doğal yığılma açısı değerleri literatüre göre bu çalışmada daha düşük değerlerde bulunmuştur. Çalışmada, doğal yığılma açısının, nem içeriğiyle birlikte artış gösterdiği görülmektedir.

3.4. Sürtünme Özellikleri

Farklı nem içeriklerinde aspir çeşitlerine ait tohumların sürtünme katsayısı değerleri, Remzibey-05, Shifa ve Göktürk çeşitleri için sırasıyla Tablo 9, 10 ve 11’de verilmiştir.

Tablo 9 incelendiğinde, Remzibey-05 çeşidinde nem içeriği değişimine göre sürtünme katsayıları lastik yüzey için 0.40-0.55 arasında (%37.59’luk artış), PVC yüzey için 0.29-0.41 arasında (%42.21’lik artış), galvaniz sac yüzey için 0.37-0.51 arasında (%39.13’lük artış) ve laminant yüzey için 0.28-0.34 arasında (%17.77’lik artış) gözlenmiştir. Nem içeriği ortalamalarına bakıldığında istatistiksel olarak sürtünme katsayıları üzerine nem içeriğinin etkisi $p<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur.

Tablo 9. Remzibey-05 aspir çeşidinde nem içeriğinin statik sürtünme katsayısı üzerine etkisi

Nem içeriği (% k. b.)	Sürtünme yüzeyi					Nem içeriği ortalaması
	Lastik	PVC	Kontrplak	Galvaniz sac	Laminant	
6.08	0.399±0.0241	0.289±0.0148	0.325±0.0194	0.368±0.0132	0.287±0.0134	0.334 b**
10.31	0.416±0.0231	0.304±0.0149	0.284±0.0062	0.427±0.0190	0.281±0.0210	0.342 b**
20.89	0.549±0.0248	0.411±0.0291	0.311±0.0127	0.512±0.0172	0.338±0.0195	0.424 a**
Sürtünme yüzeyi ortalaması	0.453 a**	0.334 c**	0.308 d**	0.436 b**	0.302 d**	
F değeri	131.80					102.69

±: standart sapma, **: $p<0.01$

Shifa çeşidinde nem içeriğinin değişimine göre statik sürtünme katsayıları; lastik, PVC, kontrplak, galvaniz sac ve laminant yüzeyler için sırasıyla 0.37-0.64; 0.30-0.40; 0.29-0.35; 0.37-0.52 ve 0.27-0.37 aralığında değişmiştir. Nem içeriği değişimine göre lastik, PVC, kontrplak, galvaniz sac ve laminant yüzeyler için sırasıyla %72,43, %31,46, %16.84, %40.65, %36.57’lik artışlar gözlenmiştir. Nem içeriği ortalamalarına bakıldığında istatistiksel olarak sürtünme katsayıları üzerine nem içeriğinin etkisi $p<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 10).

Tablo 10. Shifa aspir çeşidinde nem içeriğinin statik sürtünme katsayısı üzerine etkisi

Nem içeriği (% k. b.)	Sürtünme yüzeyi					Nem içeriği ortalaması
	Lastik	PVC	Kontrplak	Galvaniz sac	Laminant	
6.36	0.371±0.0140	0.302±0.0185	0.297±0.0194	0.369±0.0216	0.268±0.0132	0.321 c**
11.95	0.436±0.0235	0.302±0.0208	0.291±0.0264	0.425±0.0252	0.289±0.0175	0.348 a**
19.72	0.636±0.0327	0.397±0.0174	0.347±0.0153	0.519±0.0196	0.366±0.0119	0.453 a**
Sürtünme yüzeyi ortalaması	0.481 a**	0.333 c**	0.312 d**	0.438 b**	0.308 d**	
F değeri	120.07					152.86

±: standart sapma, **: $p<0.01$

Göktürk çeşidinde nem içeriği artışına göre statik sürtünme katsayıları lastik (0.41-0.60); PVC (0.29-0.41), kontrplak (0.29-0.36), galvaniz sac (0.31-0.52) ve laminant (0.28-0.38) aralığında bulunmuştur. Nem içeriği artışına göre tüm yüzeylerde artış görülmüş oranlar ise sırasıyla %48.28, %40.27, %0.57, %64.65 ve %28.28 oranları elde edilmiştir. Nem içeriği değerlerinin sürtünme katsayıları üzerine etkisi istatistiksel olarak $p<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 11).

Tablo 11. Göktürk aspir çeşidinde nem içeriğinin statik sürtünme katsayısı üzerine etkisi

Nem içeriği (% k. b.)	Sürtünme yüzeyi					Nem içeriği ortalaması
	Lastik	PVC	Kontrplak	Galvaniz sac	Laminant	
6.04	0.406±0.0188	0.293±0.0134	0.353±0.01038	0.314±0.0217	0.297±0.0168	0.333 b**
9.95	0.436±0.0210	0.319±0.0288	0.287±0.0134	0.375±0.0227	0.281±0.0210	0.339 b**
20.69	0.602±0.0445	0.411±0.0338	0.355±0.0173	0.517±0.0272	0.381±0.0156	0.453 a**
Sürtünme yüzeyi ortalaması	0.481 a**	0.339 c**	0.327 c**	0.411 b**	0.317 c**	
F değeri	88.34					138.16

±: standart sapma, **: p<0.01

Tüm çeşitler bazında yapılan genel bir değerlendirmede statik sürtünme katsayısı değerleri üzerine nem içeriğinin etkisi tüm yüzeyler için p<0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur. Tüm çeşitler bazında sürtünme katsayısı değerleri lastik yüzeyde 0.37-0.60; PVC yüzeyde 0.29-0.41; Kontrplak yüzeyde 0.28-0.36; galvaniz sac yüzeyde 0.27-0.52 ve laminant yüzeyde 0.32-0.45 aralığında bulunmuştur. Kobuk ve ark. (2019), Dinçer 5-118, Remzibey-05, Balcı, Linas ve Olası çeşitlerine sahip aspir tohumlarının statik sürtünme katsayılarını paslanmaz çelik sürtünme yüzeyinde 0.33-0.44 aralığında bulmuştur. Çalışır ve ark. (2005), statik sürtünme katsayılarını paslanmaz çelik ve galvaniz sac için sırasıyla 0.45 ve 0.39 olarak bulmuşlardır. Çalışmada bulunan değerlerle literatür değerleri arasında benzerlikler bulunmaktadır. Bu çalışmada hem Shifa hem de Göktürk çeşitlerinde sürtünme katsayılarında yüksek oranlı artışlar gözlemlenmiş olup, bu bulgu Aktaş ve ark. (2006) tarafından bildirilen sürtünme yüzeyi etkileriyle de örtüşmektedir.

3.5. Renk Özellikleri

Farklı nem içeriklerinde renk özelliklerinden L^* , a^* , b^* , Kroma, Hue açısı değerleri; Remzibey-05, Shifa ve Göktürk çeşitlerinde tohumlar için sırasıyla Tablo 12, 13 ve 14'te verilmiştir.

Tablo 12 incelendiğinde, Remzibey-05 çeşidinde nem içeriği değişimine göre L^* değeri 69.41-71.82, a^* değeri -1.01 ile -0.86, b^* değeri 16.70-17.21, Kroma değeri 16.73-17.24 ve Hue açısı ise -87.23° ile -86.50° aralığında bulunmuştur. Nem içeriği değişimine göre L^* değeri %3.36'lık bir azalışa, a^* değeri %9.2'lik bir artışa, b^* değeri %3.05'lik bir artışa, Kroma değeri %3.05'lük bir artışa neden olurken, Hue açısı değeri ise %0.19'lük bir azalış göstermiştir. İstatistiksel olarak L^* değeri üzerine nem içeriğinin etkisi p<0.05 seviyesinde önemli bulunurken, a^* , b^* , kroma ve Hue açısı değerlerine nem içeriğinin etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Tablo 12. Remzibey-05 aspir çeşidinde nem içeriğinin renk özelliklere etkisi

Nem içeriği (% k. b.)	L^*	a^*	b^*	Kroma	Hue açısı
6.08	71.82±1.003 a*	-0.783±0.395 a ^{ns}	16.70±1.455 a ^{ns}	16.73±1.441 a ^{ns}	-87.23±1.504 a ^{ns}
10.31	70.24±1.837 ab*	-1.008±0.474 a ^{ns}	16.96±1.625 a ^{ns}	17.00±1.610 a ^{ns}	-86.50±1.70 a ^{ns}
20.89	69.41±2.198 b*	-0.855±0.513 a ^{ns}	17.21±1.406 a ^{ns}	17.24±1.388 a ^{ns}	-87.06±1.850 a ^{ns}
F değeri	2.935	0.369	0.170	0.178	0.310

±: standart sapma, ns: önemsiz, *: p<0.05

Tablo 13 incelendiğinde, Shifa çeşidinde nem içeriğinin değişimiyle, L^* , a^* , b^* , Kroma ve Hue açısı değerleri sırasıyla 68.48-72.29; -1.22 ile -0.39; 17.11-17.46; 17.16-17.49 ve -88.04° ile -85.85° aralığında değişmiştir. Oransal artış ve azalışlar incelendiğinde, L^* ve a^* , sırasıyla %5.27 ve %63.97'lik bir azalış gösterirken, b^* , Kroma ve Hue açısı değerleri oransal olarak %1.45, %1.39 ve %1.97'lik artış

göstermiştir. İstatistiksel olarak L^* değeri üzerine nem içeriğinin etkisi $p<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuş, a^* ve Hue açısı değerlerine nem içeriğinin etkisi $p<0.05$ seviyesinde önemli bulunmuş, b^* ve kroma değerlerine nem içeriğinin etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Tablo 13. Shifa aspir çeşidinde nem içeriğinin renk özelliklere etkisi

Nem içeriği (% k. b.)	L^*	a^*	b^*	Kroma	Hue açısı
6.36	72.29±1.117 a**	-1.088±0.332 b*	17.21±1.414 a ^{ns}	17.25±1.404 a ^{ns}	-86.34±1.228 a*
11.59	70.35±1.403 b**	-1.220±0.435 b*	17.11±1.059 a ^{ns}	17.16±1.036 a ^{ns}	-85.85±1.606 a*
19.72	68.48±1.989 b**	-0.392±0.541 a*	17.46±1.161 a ^{ns}	17.49±1.141 a ^{ns}	-88.04±1.048 b*
F değeri	9.117	6.020	0.132	0.120	4.565

±: standart sapma, ns: önemsiz, *: $p<0.05$, **: $p<0.01$

Tablo 14 incelendiğinde, Göktürk çeşidinde nem içeriğinin %6.04'ten %20.69'a kadar artışı için renk özellikleri olarak L^* değeri 66.70-72.48 aralığında; (%7.97'lik bir azalış), a^* değeri -1.01 ile -0.15 aralığında (%85.07'lik bir azalış), b^* değeri 16.84-18.56 aralığında (%5.76'lık bir artış), kroma değeri 16.71-18.66 aralığında (%6.58'lik bir artış) ve Hue açısı değeri -89.52° ile -86.56° aralığında (%3.42'lik bir artış) göstermiştir. İstatistiki açıdan, L^* , a^* Hue açısı değerleri üzerine nem içeriğinin etkisi $p<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuş, b^* değerine nem içeriğinin etkisi $p<0.05$ seviyesinde önemli bulunmuş, kroma değerine nem içeriğinin etkisi ise önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 14. Göktürk aspir çeşidinde nem içeriğinin renk özelliklere etkisi

Nem içeriği (% k. b.)	L	a	b	Kroma	Hue açısı
6.04	72.48±0.615 a**	-1.005±0.368 c**	16.84±1.221 b*	16.71±1.291 a ^{ns}	-86.56±1.151 a**
9.95	67.59±3.231 b**	-0.512±0.305 b**	18.56±0.528 a*	18.66±2.296 a ^{ns}	-88.42±0.936 b**
20.69	66.70±1.606 b**	-0.150±0.137 a**	17.81±0.877a b*	17.81±0.878 a ^{ns}	-89.52±0.434 b**
F değeri	13.004	13.431	5.307	2.234	16.873

±: standart sapma, ns: önemsiz, *: $p<0.05$, **: $p<0.01$

Genel olarak renk özelliklerinde ise özellikle L^* (parlaklık) değerinin nemle birlikte azaldığı, b^* ve Hue açısının ise arttığı tespit edilmiştir. Bu değişim, Shifa ve Göktürk çeşitlerinde daha belirgin olmuş ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Elton ve ark. (2017a)'nın çalışmasında da benzer şekilde nem içeriğiyle birlikte renk değerlerinde değişim gözlenmiş, bu da renk parametrelerinin nemin etkisine oldukça duyarlı olduğunu ortaya koymuştur.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, farklı nem içeriklerinin aspir tohumlarının geometrik, hacimsel, sürtünme ve renk özelliklerine olan etkisi incelenmiş ve sonuçlar önceki literatürle karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular, aspir tohumlarının fiziksel özelliklerinin nem içeriğiyle önemli ölçüde değiştiğini göstermektedir. 1. nem bazında Göktürk çeşidinin uzunluk ve genişlik değerleri diğer çeşitlerden daha fazla saptanmıştır. 3. neme bakıldığında ise Remzibey-05 çeşidinin uzunluk değeri diğer çeşitlerden daha fazla saptanmıştır. Kalınlık değerine bakıldığında ise 1. nem bazında en yüksek değer Shifa çeşidinde bulunurken, 3. nemde en yüksek değer Göktürk çeşidinde bulunmuştur. Tohum ağırlığına bakıldığında en yüksek değer Remzibey-05 de saptanmıştır. 1000 tane ağırlığında ise en yüksek değer Göktürk çeşidinde çıkmıştır. Hacim ağırlığında en yüksek değer Shifa çeşidinde saptanmıştır. Remzibey-

05 çeşidi için statik sürtünme katsayısına bakıldığında 1. nemde en yüksek değeri lastik yüzey, 2. nemde galvaniz sac yüzey, 3. nemde lastik yüzey vermiştir.

Shifa ve Göktürk çeşitleri için statik sürtünme katsayısına bakıldığında 3 nem için de en yüksek değeri lastik yüzey vermiştir. Renk özelliklerinde L^* değeri en yüksek Göktürk çeşidinde bulunmuştur.

Bu çalışmada aspir tohumlarının farklı nem içerikleri altında sergilediği fiziksel özellik değişimleri önceki literatürle genel anlamda uyumlu olup, bazı farklılıklar çeşit ve yetiştirme koşullarından kaynaklanmaktadır. Doğal yığılma açısından, ekim makinelerinin tohum sandıklarının kenar eğimleri ve tohum akışının düzgünlüğü için yararlanılır. Sürtünme katsayısı tohum ve gübre sandık malzemesinin, tohum ve gübre ekici düzenlerin ve tohum borularının malzeme seçiminde dikkate alınır. Hasat sonrası işlemlerde, tohumların sınıflandırılmasında da aspir tohumlarının boyut özelliklerinden yararlanılır ayrıca boyut ve küreselik değeri, ekim makinesi hassas ekici düzenlerinin tasarımında da dikkate alınmalıdır.

Aspir bitkisi tohumlarının boyutsal ve geometrik özellikleri; ekim makineleri ekici düzenlerinin ve hasat makinalarının tasarımında, ürünlerin mekanik, pnömatik ve elektrostatik sistemler yardımıyla temizlenmelerinde ve ısı transfer işlemlerinde kullanılan önemli parametrelerdir. Ayrıca aspir tohumlarının doğal yığılma açısı ve sürtünme katsayısı gibi özelliklerinin taşıma ve depolama yapılarının ve tesislerin projelendirilmesinde önemli mühendislik verisi olarak dikkate alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- Altuntaş, E., Gerçekçioğlu, R., & Kaya, C. (2010). Selected mechanical and geometric properties of different almond cultivars. *International Journal of Food Properties*, 13(2), 282–293.
- Altuntaş, E., Gül, E. N., & Gök, H. (2020). Menengiç meyve ve tohumlarının fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(6), 1518–1528.
- Anonim (2022). Postharvest handling and preparation of foods for processing. https://application.wiley-vch.de/books/sample/3527324682_c01.pdf (Erişim tarihi: 11.06.2022).
- Anonim (2025a). Remzibey çeşidi. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/gktaem/Belgeler/Tescilli%20%C3%87e%C5%9Fitlerimiz/Aspir/remzibey-05-05.pdf> (Erişim tarihi: 17.06.2025).
- Anonim (2025b). Tohum Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü. <https://www.tarimorman.gov.tr/Bugem/Ttsm/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=85> (Erişim tarihi: 17.06.2025).
- Babaoğlu, M. (2007). *Aspir ve tarımı*. Trakya Tarımsal Araştırmalar Enstitüsü, Edirne. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/ttae/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=59> (Erişim tarihi: 17.06.2025).
- Babaoğlu, M. (2017). Dünya’da ve Türkiye’de aspir bitkisinin tarihi, kullanım alanları ve önemi. *Tarım Gündem Dergisi*, 6(36), 98–102.
- Baydar, H., & Erbaş, S. (2007). Türkiye’de yemeklik yağ ve biyodizel üretimine uygun aspir ıslahı. *I. Ulusal Yağlı Tohumlu Bitkiler ve Biyodizel Sempozyumu*, 28–31 Mayıs, 378–386, Samsun.
- Baydar, H., & Erbaş, S. (2020). Yerli ve milli aspir çeşitlerimiz: Olein, Zirkon ve Safir. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, Türkiye 13. Ulusal, I. Uluslararası Tarla Bitkileri Kongresi Özel Sayısı, 233–237.
- Baydar, H., & Gökmen, O. Y. (2003). Hybrid seed production in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) following the induction of male sterility by gibberellic acid. *Plant Breeding*, 122, 459–461.

- Baydar, H., & Turgut, İ. (1993). Aspirin (*Carthamus tinctorius* L.)'in Antalya koşullarında kışlık olarak yetiştirme olanakları üzerine araştırmalar. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(1-2), 75-92.
- Bracacescu, C., Gageanu, P., Bunduchi, G., & Zaica, A. (2018). Considerations on technical equipment used for cleaning and sorting seed mixtures based on aerodynamic principle. *17th International Scientific Conference Engineering for Rural Development*, Jelgava, 39-44.
- Coşar, İ. (2023). Bazı aspir çeşitlerinin (*Carthamus tinctorius* L.) Bayburt şartlarında verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Bayburt Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 42 s.
- Çalışır, S., Marakoğlu, T., Öztürk, Ö., & Ögüt, H. (2005). Some physical properties of safflower seed (*Carthamus tinctorius* L.). *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(36), 87-92.
- Elton, A. S. M., Goneli, A. L. D., Gonçalves, A. A., Hartmann Filho, C. P., Rech, J., & Oba, G. C. (2017b). Physical properties of safflower grains. Part II: Volumetric shrinkage. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 21(5), 350-355.
- Elton, A. S. M., Goneli, A. L. D., Hartmann Filho, C. P., Mauad, M., Siqueira, V. C., & Gonçalves, A. A. (2017a). Physical properties of safflower grains. Part I: Geometric and gravimetric characteristics. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 21(5), 344-349.
- Erbaş, S. (2012). Melezleme ıslahı ile tohum verimi, yağ ve oleik asit içeriği yüksek aspir (*Carthamus tinctorius* L.) hatlarının geliştirilmesi. (Doktora Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 132 s.
- François, L., & Bernstein, L. (1964). Salt tolerance of safflower. *Agronomy Journal*, 56(1), 38-40.
- Kaleemullah, S., & Gunasekar, J. J. (2002). Moisture-dependent physical properties of Arecanut trues. *Biosystems Engineering*, 82(3), 331-338.
- Katar, D., Arslan, Y., Kodaş, R., Subaşı, İ., & Katar, N. (2016). Determining of performances on different characteristics in safflower (*Carthamus tinctorius*) genotypes under organic and conventional production systems. *Biological Diversity and Conservation*, 9(1), 172-181.
- Kayaçetin, F., Katar, D., Arslan, Y. (2012). Aspir (*Carthamus tinctorius* L.)'in dölleme biyolojisi ve çiçek yapısı. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 75-80.
- Khazaei, J., Rasekh, M., & Borghei, A. M. (2002). Physical and mechanical properties of almond and its kernel related to cracking and peeling. *An ASAE Meeting Presentation*, Paper No: 026153.
- Kobuk, M., Ekinci, K., & Erbaş, S. (2019). Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) genotiplerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(1), 89-96.
- Küçük, N., Aydoğdu, M. H., & Şahin, Z. (2021). Yağlı tohum piyasalarındaki gelişmeler ve Türkiye kolza piyasası trend analizi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 32(1), 215-227.
- McGuire, R. G. (1992). Reporting of objective colour measurements. *HortScience*, 27(12), 1254-1255.
- Mohsenin, N. N. (1980). *Physical properties of plant and animal materials*. Gordon and Breach Science Publishers, New York.
- Nacar, A. S., Değirmenci, V., Hatipoğlu, H., Meral, T., Aslan, H., Çıkman, A., & Şakak, A. (2016). Harran Ovası koşullarında yazlık aspir bitkisinde sulamanın verim ve yağ kalitesi üzerine etkileri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(Özel Sayı-2), 149-154.

- Öğüt, H., Eryılmaz, T., & Oğuz, H. (2007). Bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinden üretilen biyodizelin yakıt özelliklerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi. *I. Ulusal Yağlı Tohumlu Bitkiler ve Biyodizel Sempozyumu*, 28–31 Mayıs, s.11–16, Samsun.
- Saçılık, K., Öztürk, R., & Keskin, R. (2003). Some physical properties of hemp seed. *Biosystems Engineering*, 86(2), 191–198.
- Shahbazi, F., Galedar, M. N., Taheri-Garavand, A., & Mohtasebi, S.S. (2011). Physical properties of safflower stalk. *International Agrophysics*, 25, 281–286.
- Uysal, N., Baydar, H., & Erbaş, S. (2006). Isparta popülasyonundan geliştirilen aspir (*Carthamus tinctorius* L.) hatlarının tarımsal ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(1), 52–63.
- Yılmaz, G., & Dökülen, S. (2025). Bazı aspir çeşitlerinde farklı ekim normu uygulamalarının verim ve verim özelliklerine etkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 28(4), 1054–1070.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction and Research Questions & Purpose

Safflower can be easily cultivated in almost every region of Turkey, and its deep root structure and drought resistance will contribute to Turkey's edible oil requirement. In addition, safflower oil, which has a high oleic acid content, has an important potential as a biodiesel fuel to reduce greenhouse gases and reduce CO₂ emissions and air pollution. Safflower, with its agricultural contribution and high energy potential, is a valuable plant that can fit into alternative crop rotation, especially in arid and semi-arid agricultural conditions in Turkey.

It is of great importance to determine the geometric, volumetric, friction and color properties of the related product as physical properties for the design, construction and development of machines and systems to be used in the harvesting and post-harvesting of agricultural products with minimum energy and labor use. In this study, the effects of different moisture contents on the geometric, volumetric, friction and color properties of seeds belonging to Remzibey-05, Shifa and Göktürk varieties of safflower varieties have been examined together and it is predicted that this study will contribute to the scientific literature.

Methodology

The seeds of safflower cultivars Remzibey-05, Shifa and Göktürk used in this study were obtained from Gaziosmanpaşa University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops. Distilled water was added to the seed samples for different moisture contents. In the experiment, harvest moisture and storage moisture values of safflower seeds were taken as basis. The geometrical and volumetric properties of safflower seeds were measured with a digital caliper and a precision balance. Sphericity (Sh), geometric mean diameter (Go) and surface area (Sr) values of the seeds were determined with the help of equations. Bulk volume weight (ρ_{mb}) and actual volume weight (ρ_{mt}) values of safflower seeds were determined by hectoliter method and liquid displacement method was used and Toluene was used as a liquid fluid.

Friction measurement apparatus was used to determine the static friction coefficient of safflower seeds using different friction surfaces (rubber, PVC, plywood, galvanized sheet and laminate). For the determination of the natural angle of repose (θ_y°), a cylinder with an open top and bottom was used, and the cylinder, completely filled with sampling seeds, was slowly lifted up until a conical shape was formed on a flat plate surface. Different safflower seeds were measured with a colorimeter to determine the color characteristics. Color characteristics included L^* (brightness), a^* (redness) and b^* (yellowness) values, in addition to Chroma (C) and Hue angle (α) equations.

Results and Conclusions

In terms of geometric characteristics, an increase was observed in the dimensional values of safflower cultivars with the increase in humidity. Especially in Göktürk and Remzibey-05 varieties, significant increases were observed in geometric mean diameter and surface area values. In terms of volumetric properties, seed weight and 1000 seed mass increased significantly with the increase in humidity. However, volume weight and porosity values decreased. The natural angle of repose was found to be in the range of 6.25°-8.84° for all varieties. In a general evaluation on the basis of all varieties, the effect of moisture content on static coefficient of friction values was found significant at $p < 0.01$ level for all surfaces.

In color properties, it was found that especially L^* (brightness) value decreased with moisture content, while b^* and Hue angle increased.

In this study, the physical property changes exhibited by safflower seeds under different moisture contents are generally consistent with the previous literature, and some differences are due to variety and growing conditions. This indicates the need for optimized practices depending on the moisture level of the seed, especially in post-harvest handling, equipment design and storage strategies.

Yazarların Biyografisi



Şerife Aysuhan GEDİK

1999 yılında Tokat'ta doğdu. İlk, orta, lise ve üniversite eğitimini Tokat'ta yaptı. Lisans eğitimini 2020-2024 Yılları arasında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümünde tamamladı. Lisans eğitimini tamamladıktan hemen sonra aynı üniversitede Yüksek lisans eğitimine başlamıştır ve hala eğitimi devam etmektedir.

İletişim aysuhangedik9@gmail.com
ORCID Adresi <https://orcid.org/0009-0001-8504-7427>



Dr. Öğr. Üyesi Şaziye DÖKÜLEN

1990 yılında doğdu. İlk, orta, lise eğitimini Tokat'ta yaptı. Lisans eğitimini 2009-2013 yılları arasında, yüksek lisans eğitimini 2013-2016 yılları arasında, doktora eğitimini 2016-2021 yılları arasında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümünde tamamladı. 2017 yılında Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. 2022 yılında aynı üniversitede Doktor öğretim üyesi oldu ve hala aynı üniversitede görev yapmaktadır.

İletişim saziye.dokulen@gop.edu.tr
ORCID Adresi <https://orcid.org/0000-0003-2767-7604>



Prof. Dr. 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 AnaBilim 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, 140'ın 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>