

## Farklı Tatlı Sorgum [*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.] Genotiplerinin Posasından Yapılan Peletlerin Bazı Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Mahmut DOK<sup>1\*</sup>, Mine AKSOY<sup>2</sup>, Ayşegül EFENDİOĞLU ÇELİK<sup>1</sup>, Celal YÜCEL<sup>3</sup>

<sup>1</sup>T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Enerji Tarımı Bölümü, Samsun, TÜRKİYE

<sup>2</sup>T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Bursa İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Osmangazi İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Osmangazi-Bursa, TÜRKİYE

<sup>3</sup>Şırnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şırnak, TÜRKİYE

Geliş Tarihi/Received: 07.06.2022

Kabul Tarihi/Accepted: 24.10.2022

ORCID ID (Yazar sırasına göre / by author order)

[orcid.org/0000-0002-1558-7452](https://orcid.org/0000-0002-1558-7452) [orcid.org/0000-0002-3173-6577](https://orcid.org/0000-0002-3173-6577) [orcid.org/0000-0002-5769-5005](https://orcid.org/0000-0002-5769-5005) [orcid.org/0000-0001-6792-5890](https://orcid.org/0000-0001-6792-5890)

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: mahmut.dok@tarimorman.gov.tr

**Öz:** Bu çalışma, Şanlıurfa ikinci ürün koşullarında yetiştirilen tatlı sorgum [*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.] genotiplerinin posasından elde edilen peletlerin bazı fiziksel özelliklerini saptamak amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada, hasat edilen bitkilerin sapları sıkılarak suyu alındıktan sonra geriye kalan posa kurutularak pelet yapılmıştır. Elde edilen peletlerde, pelet kalitesini etkileyen nem içeriği, dayanıklılık direnci, yığın yoğunluğu, parça yoğunluğu, sertlik ve nem alma direnci gibi fiziksel özellikler belirlenmiştir. Çalışmanın iki yıllık ortalama sonuçlarına göre, nem içeriğinin % 3.44-9.48, dayanıklılık direncinin % 94.6-98.9, yığın yoğunluğunun 488-724 kg m<sup>-3</sup>, parça yoğunluğunun 1039-1305 kg m<sup>-3</sup> ve nem alma direncinin % 9.98-16.60 değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir. Sertlik direnci ise, genotiplere göre farklılık göstermiş olup, 2016 yılında ortalama 3770 N, 2017 yılında ise ortalama 1908 N olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, tatlı sorgum posasından yapılan peletler, ortam koşullarından etkilenmeyen, taşınması ve depolanması kolay yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak değerlendirilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Yenilenebilir enerji, biyoyakıt, kalite özellikleri, tatlı sorgum, posa

## Determination of Some Physical Properties of Pellets Produced from Bagasse of Different Sweet Sorghum [*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.] Genotypes

**Abstract:** This study was carried out to determine some physical properties of the pellets obtained from bagasse of sweet sorghum [*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.] genotypes grown as a second crop in Şanlıurfa-Türkiye conditions. In the study, after the stems of the harvested plants were squeezed and the water was removed, the remaining bagasse was dried and pellets were obtained. Physical properties such as moisture content, durability resistance, bulk density, particle density, hardness, and moisture absorption resistance affecting the pellet quality were determined. According to the two-year average results of the study, moisture content, durability, bulk density, particle density, and moisture sorption resistance ranged from 3.44 to 9.48%, 94.6 to 98.9%, 488 to 724 kg m<sup>-3</sup>, 1039 to 1305 kg m<sup>-3</sup> and 9.98 to 16.60%, respectively. Hardness resistance, on the other hand, differed according to genotypes, and it was determined as 3770 N on average in 2016 and 1908 N on average in 2017. According to the data obtained, pellets produced from sweet sorghum bagasse can be considered a renewable energy source that is not affected by ambient conditions and is easy to transport and store.

**Keywords:** Renewable energy, biofuel, quality characteristics, sweet sorghum, bagasse

## 1. Giriş

Türkiye’de en çok kullanılan enerji kaynağının fosil yakıtlardan elde edildiği bilinmektedir. Fosil yakıtlar, yaydıkları sera gazları nedeniyle küresel ısınmaya ve bunun sonucunda da iklim değişikliğine neden olmaktadır. Fosil yakıtların yerine bitkisel biyokütleden üretilen ve doğrudan tarım sektörünü ilgilendiren katı biyoyakıtlar, önemli bir yenilenebilir enerji kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır (Sabancı, 2010).

Türkiye’nin biyokütle enerji arzı, 2018 yılında yaklaşık 3.1 milyon ton eşdeğer petrol (MTEP) olarak bildirilmiş olup; toplam biyokütle enerji potansiyeli, Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası (BEPA) ve çeşitli kaynaklara göre, 14.6-32 MTEP arasında değişmektedir (Anonim, 2022). Türkiye, günümüz teknolojisi ve kullanım alanları ile mevcut artık biyokütle potansiyelinin % 10-22’sini kullanmaktadır. Isıtma sektöründe fosil yakıt kullanımının azaltılması, elektrik sektörüne göre daha zordur. Elektrik üretim amaçlı, rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi gibi alternatif enerji kaynakları kullanılabilirken, ısıtma sektöründe fosil yakıtların en önemli alternatifi biyokütle kaynaklarıdır (İlleez, 2020). Biyokütle enerji kaynağı kullanımı, sera gazı salınımını azaltarak küresel ısınmanın azalmasına ve iklim değişikliğini önlenmesine yardımcı olur.

Bu amaçla, tarımsal artıkların katı yakıt şeklinde enerji kaynağı olarak kullanılması, hem dünyada hem de Türkiye’de büyük önem arz etmektedir. Bu artıkların enerji kaynağı olarak kullanımının en kolay ve etkin yöntemi, bunları pelet veya briket haline getirmektir. Biyokütle materyalinin kurutulup öğütüldükten sonra yüksek basınçta preslenerek küçük boyutlara getirilmesi işlemi peletleme olarak tanımlanır. Peletler çoğunlukla 6-10 mm çapa ve 10-30 mm uzunluğa sahiptir. Pelet hammaddesi olarak odun tozu, odun yongaları, ağaç kabuğu gibi ormansal artıklar, tarım ürünleri artıkları, fındık, badem, ceviz kabukları ve hatta kullanılmış kâğıt artıkları kullanılabilir (Ungureanu ve ark., 2016). Pelet, yoğun olarak Avrupa ülkelerinde büyük çoğunlukla evlerin ısıtılması amacıyla (Karayılmazlar ve ark., 2011); bazen de, hayvan beslemede kullanılmaktadır (Raju ve ark., 2021).

Tatlı sorgum [*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.] orijini Kuzey ve Doğu Afrika olan, Graminea familyasından, tek yıllık bir C4 bitkisidir (Acar ve Akgün, 2009). Çok etkili bir kök sistemine sahip olan tatlı sorgumun vejetasyon süresi 90-140 gün arasında değişmekte; yıllık yağışı ortalama 550 mm civarında olan bölgelerde kolaylıkla yetişebilmektedir. Tatlı

sorgum; şeker pancarı, şeker kamışı ve mısıra oranla kısa büyüme süresinde yüksek verim sağlaması nedeniyle biyoyakıt üretiminde ideal bir bitki olarak ön plana çıkmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde enerji elde etmek amacıyla yetiştirilen bitkiler arasında yer alan tatlı sorgum, özellikle biyoyakıt-biyoetanol üretimi için gayet verimlidir (Reddy ve Sanjana, 2003; Balat ve ark., 2008). Nitekim, sap veriminin ve sapının şeker içeriğinin (% 12.55-20.00) yüksek olması nedeniyle tatlı sorgumun biyoetanol veriminin genotiplere göre 439-5302 L ha<sup>-1</sup> arasında değiştiği ve yüksek verimi nedeniyle biyoetanol üretimi için kullanılabilirliği bildirilmektedir (Erdurmus ve ark., 2018; Yücel ve ark., 2022). Toplam kuru ağırlık olarak hektar başına mısırdan 20 ton, şeker kamışından 19 ton, manyoktan 20 ton ürün elde edilirken, tatlı sorgumdan 24 ile 32.5 ton arasında ürün elde edilmiştir (Tang ve ark., 2018). Tatlı sorgum, insan beslenmesinin yanı sıra, hayvan yeminde, yüksek kaliteli kağıt imalatında ve elyaf yapımında kullanılan iyi bir biyokütle hammadde kaynağıdır (Guiying ve ark., 2003; Köppen ve ark., 2009). Tatlı sorgumdan elde edilen diğer ürünler haricinde (şıra, etanol) artıklarından elde edilen peletlerin yüksek ısı değere sahip olduğu ve fiziksel değerlerinin iyi olduğu bildirilmekte olup (Dok ve ark., 2021a, 2021b), dekar başına 2 ile 2.5 ton civarında bir ürüne tekabül ederek önemli bir katı yakıt-pelet kaynağını oluşturmaktadır. Yürütülen bir çalışmada, saf tatlı sorgum posasından ve 1:1 oranında odun talaşı ile karışımından elde edilen briketlerin, yüksek mekanik dayanıklılığa ve düşük kül miktarına sahip olduğu; saf sorgum posasından elde edilen briketlerin yüksek kaliteli tarımsal katı biyoyakıt sınıfına girdiği; bu nedenle tatlı sorgumun, katı biyoyakıt elde edilmesinde önemli bir biyokütle kaynağı olabileceği sonucuna varılmıştır (Ivanova ve ark., 2018).

Tatlı sorgum bitkisinin posası ile yapılan peletlerin, enerji potansiyelleri bilinmekte; ancak, bu peletlerin bazı fiziksel özellikleri ile ilgili çalışma ve bilgilerin yeterli olmadığı görülmektedir. Bu çalışmada, biyoetanol üretim amacı ile özsuyu alınmış olan tatlı sorgum [*S. bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.] saplarının (posasının), pelet üretilerek bazı fiziki özellikleri belirlenmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Araştırmanın bitkisel materyali

Araştırmada, kullanılan tatlı sorgum [*S. bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.] genotiplerine ait bilgiler Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1. Araştırmada kullanılan materyal listesi**

Table 1. List of materials used in this study

Genotip no	Genotip adı	Temin edildiği yer
4	Corina	Nebraska Üniversitesi/ABD
5	Cowley	Nebraska Üniversitesi/ABD
9	Grassi	Nebraska Üniversitesi/ABD
14	M81-E	Nebraska Üniversitesi/ABD
16	N98	Nebraska Üniversitesi/ABD
17	Nebraska sugarcane	Nebraska Üniversitesi/ABD
19	P1579753	Nebraska Üniversitesi/ABD
20	Ramada	Nebraska Üniversitesi/ABD
22	Rio	Nebraska Üniversitesi/ABD
23	Roma	Nebraska Üniversitesi/ABD
26	Smith	Nebraska Üniversitesi/ABD
29	Theis	Nebraska Üniversitesi/ABD
31	Topper 76	Nebraska Üniversitesi/ABD
32	Tracy	Nebraska Üniversitesi/ABD
35	UNL-hybrid -3 (26297xM81E)	Nebraska Üniversitesi/ABD
40	Williams	Nebraska Üniversitesi/ABD
41	Wray	Nebraska Üniversitesi/ABD
44	No91 (Orijin Tayvan)	Gen Bankası/ABD
45	No5 (Orijin Güney Afrika)	Gen Bankası/ABD
53	No41 (Orijin Zaire)	Gen Bankası/ABD
58	Gülşeker (Kontrol-yerel çeşit)	Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi/Bursa

## 2.2. Tarla deneme yeri, deneme alanının iklim ve toprak özellikleri

Araştırmada tarla denemesi, Şanlıurfa GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nün Koruklu Lokasyonu'nda bulunan Talat Demirören Araştırma İstasyonu'nda, 2016 ve 2017 yıllarında yürütülmüştür.

Araştırmanın yürütüldüğü 2016 ve 2017 yılları Haziran-Ekim dönemine ait ortalama sıcaklık, ortalama maksimum sıcaklık, nispi nem ve yağış değerleri sırasıyla 26.92 °C ve 28.92 °C, 39.54 °C ve 40.24 °C, % 36.04 ve % 30.40, 16.8 mm ve 22.8 mm olarak saptanmıştır. Ayrıca Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında maksimum sıcaklıkların 40 °C'nin üzerinde olduğu saptanmıştır. Bu aylarda, 2016 yılı en yüksek sıcaklıklar sırasıyla 42.8 °C, 44.1 °C ve 43.0 °C, 2017 yılında ise 42.7 °C, 44.7 °C ve 45.3 °C olarak ölçülmüştür (Anonim, 2018).

Her iki yıla ait deneme alanı toprakları; killi tekstürlü, hafif alkali karakterli, tuzsuz, çok fazla kireçli olup, organik madde içeriği ve alınabilir fosfor kapsamı "çok az" düzeydedir.

## 2.3. Bitkisel materyalin yetiştirilme aşamasına ait bazı tarımsal bilgiler

Araştırmada tarla denemesi, tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her parsel 5 metre uzunluğunda ve 4 sıradan oluşmuştur. Sıra arası 70 cm ve sıra üzeri 15 cm olacak şekilde ekimler elle yapılmıştır. Ekim öncesi yapılan toprak analizlerine göre dekara saf olarak 5 kg da<sup>-1</sup> azot (N) ve fosfor olacak şekilde 20:20 taban gübresi verilmiştir. Üst

gübre olarak da üre (% 46 N) formunda dekara 5 kg saf N uygulanmıştır. Hasat, salkımdaki tanelerin süt-hamur olum arası dönemde yapılmıştır. Hasatta etanol elde etmek için her parselden tesadüfen alınan 10 bitki sapı sıkılmış ve özsu alındıktan sonra kalan posa pelet yapımı için değerlendirilmiştir. Yetiştirme döneminde meydana gelen yağışlar, bitkinin ihtiyacı olan suyu karşılamadığı için, ihtiyaç duyulan su, sulama ile karşılanmıştır.

## 2.4. İncelenen fiziksel özellikler

Elde edilen tatlı sorgum saplarından, pelet üretilmesi ve çalışmanın amacı doğrultusunda fiziksel özelliklerinin belirlenmesi işlemi, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nde yapılmıştır.

Buna göre tatlı sorgum gentoiplerinin saplarından özsu ayrıldıktan sonra geriye kalan yaş posa (4-5 kg kadar bir kuru numune olacak şekilde) nem içeriği % 12-15 aralığına kadar kurutulmuştur. Kurutulan posanın, pelet üretimi ve pelet fiziksel analizleri, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Enerji Tarımı Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Kurutulan posa, çekiçli değirmende 4 mm'lik elekten geçirildikten sonra "Zibro PM 3.0 E" marka pelet makinesinde 6 mm çapında, 5-15 mm uzunluğunda pelet haline getirilmiştir. Elde edilen peletlerin nem içeriği (%), dayanıklılık direnci (Tumbler) (%), pelet yığın yoğunluğu (kg m<sup>-3</sup>), pelet parça yoğunluğu (kg m<sup>-3</sup>), sertlik (sıkışma direnci) (Newton) ve pelet nem alma direnci (%) gibi özellikleri incelenmiştir.

*Nem içeriği (%)*: Belirli miktarda tartılan örnekler 105 °C'de sabit ağırlığa kadar kurutulmuş ve ağırlık kaybından nem içeriği tespit edilmiştir (Sluiter ve ark., 2008).

*Pelet dayanıklılık direnci (%)*: Özel olarak imal edilmiş olan dayanıklılık test cihazı ile belirlenmiştir. Buna göre 500 g pelet alınarak, pelet test cihazının haznesine dökülmüş ve 10 dakika boyunca, 50 devir  $dk^{-1}$  hızında döndürülmüş; 10 dakika sonra haznedeki peletler dışarı çıkarılıp, delik çapı 3.15 mm olan elekten geçirilmiştir. Eleğin üzerinde kalan sağlam peletler tartılarak bu sürede oluşan ağırlık kaybı, % cinsinden pelet dayanıklılık direnci olarak kaydedilmiştir (Anonim, 2016a).

*Pelet yığın yoğunluğu ( $kg m^{-3}$ )*: Hacmi belli olan (genel olarak 5 litre) silindirik bir kabın içerisine peletler, yaklaşık 10-15 cm yüksekten doldurulmuştur. Kap, silme olarak doldurulduktan sonra 10-15 cm yükseklikten 3 kez serbest olarak yere vurulmuştur. Kabin yüzeyi düz bir çığa ile silinmiş ve kap içindeki peletler tartılarak pelet ağırlığının kabin hacmine bölünmesi ile pelet yığın yoğunluğu olarak kaydedilmiştir (Anonim, 2016b).

*Pelet parça yoğunluğu ( $kg m^{-3}$ )*: Pelet boyutlarının ölçülmesi yolu ile belirlenmiştir (stereometrik metot). Peletlerin ağırlıkları belirlendikten sonra, pelet çapı ve uzunluğu 0.01 mm hassasiyetli dijital kumpas yardımı ile ölçülmüştür. Daha sonra, pelet ağırlığının pelet hacmine bölünmesi ile hesaplanmıştır (Anonymous, 2016).

*Pelet sertliği (N)*: Sıkıştırılmış ürünlerin sertliği genel olarak sıkıştırma direnci testi yoluyla belirlenir. Bunun için, alınan pelet, iki plaka arasına yerleştirilerek basınç dayanımı test cihazı ile pelete, parçalanıncaya kadar sıkıştırma yükü uygulanmıştır. Uygulanan sıkıştırma yükü bilgisayara kaydedilerek kırıldığı kuvvet, peletin sertliği olarak kaydedilmiştir (Ruiz ve ark., 2012).

*Pelet nem alma direnci (%)*: Rastgele alınan 5 adet pelet, etüvde  $105 \pm 2$  °C sıcaklıkta sabit ağırlığa gelinceye kadar (yaklaşık 24 saat) bekletildikten sonra, fırından çıkarılıp soğutulmuş ve tartılmıştır. Daha sonra bu peletler, 27 °C sıcaklık ve % 90 nem içeriğine sahip iklimlendirme kabininde 24 saat süre ile bekletilmiş; buradan alınan peletler tekrar tartılmış ve ağırlık farkına bağlı olarak nem alma dirençleri % olarak belirlenmiştir (Liu ve ark., 2013).

## 2.5. İstatistiki değerlendirme

Araştırmadan elde edilen veriler; JUMP 5.0 istatistik paket programı kullanılarak tesadüf blokları deneme desenine göre varyans analizine

tabi tutulmuş, ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir (Kalaycı, 2005).

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. Pelet nem içeriği

Çalışmada, elde edilen peletlerin nem içeriklerine ilişkin değerler ve çoklu karşılaştırmaları Tablo 2'de verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre nem içeriği bakımından incelenen genotipler, genotip x yıl etkisi ve yıllar arasında istatistikî olarak  $p < 0.01$  seviyesinde önemli farklılık bulunmuştur. En yüksek ortalama nem içeriği % 9.48 ile M81-E genotipinde, en düşük ortalama nem içeriği ise % 3.44 ile No41 genotipinde elde edilmiştir (Tablo 2). Peletlerin nem içeriği genotiplere göre farklılık göstermiştir. Yılların ortalamaları göz önünde alındığında, nem içeriği 2016 yılı verileri (% 7.56), 2017 yılına (% 4.54) göre daha yüksek bulunmuştur (Tablo 2). Yıllar arasındaki farklılık ise iklim şartlarının aynı olmaması ile ilgilidir. Genotiplerin nem içeriğinin yıllara göre farklılık gösterdiği, başka çalışmalarda (Dok ve ark., 2021a, 2021c) da rapor edilmiştir. Yetiştirildiği yıllardaki iklim parametrelerinin farklı olmasına bağlı olarak genotiplerin yıllara göre reaksiyonlarının farklı olması, yıl x genotip etkisinin anlamlı çıkmasında etkili olmuştur.

TS EN-ISO-17225-6 standardına göre A sınıfı peletlerde nem içeriği % 12'nin altında, B sınıfı peletlerde de % 15'in altında olması istenmektedir (Anonim, 2021). Çalışma ile elde edilen peletlerdeki nem içeriği % 12'den düşük (Tablo 2) olduğu için söz konusu özellik bakımından tatlı sorgum çeşitlerine ait peletlerin A sınıfı peletler grubunda yer almaktadır. Bir başka ifade bu çalışmada kullanılan bütün genotiplerden elde edilen peletler, nem içeriği bakımından kabul edilebilir sınırlar içerisinde yer aldığı görülmüştür. Peletlenen biyokütle materyali için ideal nem içeriğinin genellikle % 8-12 aralığında değişebileceği bildirilmiştir (Theerarattananoon ve ark., 2011). Genotiplere ve yıllara göre değişimle birlikte tatlı sorgum posalarından elde edilen peletlerin nem içeriğinin Adana koşullarında % 3.50-8.01 (Dok ve ark., 2021b), Şanlıurfa koşullarında tatlı sorgum saplarından elde edilen peletlerin nem içeriğinin % 4.10-7.23 (Dok ve ark., 2021c) arasında değiştiği bildirilmektedir.

### 3.2. Dayanıklılık direnci (Tumbler)

Çalışmadan elde edilen peletlerde, dayanıklılık direncine ait veriler ve çoklu karşılaştırmalar Tablo 2'de görülmektedir. Uygulanan varyans



**Tablo 2. Tatlı sorgum genotiplerinden elde edilen peletlerin nem içeriği ve dayanıklılık direnci değerleri\***  
 Table 2. Moisture content and hardness resistance values of pellets obtained from sweet sorghum genotypes\*

Genotipler	Nem içeriği (%)			Dayanıklılık direnci (%)		
	2016	2017	Ortalama	2016	2017	Ortalama
Corina	6.31 g	3.77 f	5.04 h	98.4 ab	99.1 ab	98.8 a
Cowley	9.12 bc	3.05 g	6.08 e	96.3 ij	98.7 abc	97.5 g-j
Grassi	6.59 fg	9.22 a	7.91 c	97.7 ef	97.8 d	97.8 e-h
M81-E	9.81 a	9.16 a	9.48 a	96.1 jk	98.3 bcd	97.2 ij
N98	8.77 cd	2.41 ij	5.59 f	97.3 g	98.9 abc	98.1 cde
N. sugarcane	9.16 abc	8.28 bc	8.72 b	96.8 h	98.5 a-d	97.7 e-h
P1579753	5.49 ı	1.80 kl	3.64 kl	97.9 de	98.1 cd	97.9 def
Ramada	8.28 d	2.06 jk	5.17 gh	97.5 fg	99.1 ab	98.3 bcd
Rio	9.45 ab	1.51 l	5.48 fg	97.0 h	98.8 abc	97.9 d-g
Roma	5.64 hı	2.54 hı	4.09 j	98.5 a	99.3 a	98.9 a
Smith	7.05 ef	8.07 c	7.56 cd	97.9 de	99.1 ab	98.5 abc
Theis	9.01 bc	8.48 b	8.75 b	95.6 m	97.8 d	96.7 k
Topper 76	8.97 bc	5.61 e	7.29 d	95.5 m	98.7 abc	97.1 jk
Tracy	8.99 bc	2.26 ij	5.62 f	95.7 lm	98.9 abc	97.3 hij
UNL-hybrid -3	6.22 gh	1.52 l	3.87 jk	97.8 de	99.1 ab	98.5 abc
Williams	9.04 bc	8.29 bc	8.67 b	96.4 l	98.8 abc	97.6 f-ı
Wray	7.58 e	2.19 ij	4.88 h	98.3 bc	99.0 ab	98.6 ab
No91	8.53 cd	2.90 gh	5.71 f	96.0 kl	93.3 e	94.6 l
No5	7.52 e	3.50 f	5.51 fg	97.4 fg	99.1 ab	98.3 bcd
No41	4.56 j	2.31 ij	3.44 l	98.1 cd	98.5 a-d	98.3 bcd
Gülşeker	2.64 k	6.39 d	4.52 ı	98.5 ab	98.6 a-d	98.5 abc
Ortalama	7.56 A	4.54 B		97.2 B	98.5 A	
Değişkenlik katsayısı (%)		3.29			0.25	
F <sub>genotip</sub>		**			**	
F <sub>yıl</sub>		**			**	
F <sub>YxG</sub>		**			**	

\*: Aynı grupta, aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında önemli farklılık yoktur, \*\*: İstatistiksel olarak p<0.01 seviyesinde önemli farklılık, Y: Yıl, G: Genotip

analizi sonuçlarına göre elde edilen peletlerde, dayanıklılık direnci açısından; ele alınan genotipler arasında ve yıllar arasında istatistiki olarak p<0.01 düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuştur. Genotip x yıl interaksyonunu da önemli (p<0.01) çıkmıştır. Yılların birleştirilmiş analiz sonuçlarına göre dayanıklılık direnci ortalaması % 94.6 ile % 98.9 arasında değişmekte; en yüksek dayanıklılık direnci ortalaması Roma ve Corina genotiplerinde, en düşük dayanıklılık direnci ortalaması ise No91 genotipinde elde edilmiştir. Genotiplerin ortalaması olarak 2016 yılında dayanıklılık direnci % 97.2, 2017 yılında ise % 98.5 olarak gerçekleşmiştir (Tablo 2). Dayanıklılık direncinin genotiplere göre farklı olması ve yıllara göre dayanıklılık direncinin değişmesi, bitki gelişme sırasında ve hasat sonrası bitkinin içeriği ile ilgili bir durumdur. Kuru madde içeriği yüksek olan materyalin artıklarından elde edilen peletler, daha sert bir yapıda olması beklenir. Yıllara göre dayanıklılık direncinin değişiklik göstermesi de bitkinin yetiştiği şartlarla ilgili bir olaydır. Yıl x genotip interaksyonunun önemli çıkmasında, bazı genotiplerin yıllara göre dayanıklılık direnci açısından istatistiksel olarak farklı gruplarda olacak şekilde farklı değerler göstermesi etkili olmuştur.

Dayanıklılık direnci, peletlerde kalitenin ölçüsüdür. Yüksek dayanıklılık peletlerde yüklenme, boşaltma, dağıtım, taşınma ve depolanması için önemli bir özelliktir. Peletler dökme olarak kamyonlarla dağıtılırken ve hızlıca depolanacağı odalara boşaltılırken, dayanıklılık direnci düşük olan peletler ezilir ve toz haline gelir; depolama esnasında, patlama riski artar (Ungureanu ve ark., 2016). Şanlıurfa lokasyonunda yetiştirilen tatlı sorgum genotiplerinin posalarından elde edilen peletler dayanıklılık direnci yönüyle kaliteli sayılabilir. TS EN-ISO-17225-6 pelet standardına göre A sınıfı peletler için dayanıklılık direncinin % 97.5 ve üzeri, B sınıfı peletler için de % 96 ve üzeri olması istenmektedir (Anonim, 2021), Şanlıurfa şartlarında yetiştirilen tatlı sorgum küspesinden elde edilen peletlerin dayanıklılık direnci, No91 genotipi dışında, kabul edilebilir sınırlar içerisinde yer almıştır. Theerarattananoon ve ark. (2011), sorgum sapları ile yapılan peletlerin dayanıklılık direncinin % 85.7 ile % 93.5 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Tumuluru (2019), sorgum sapı ve çam talaşı karışımıyla yapmış olduğu bir çalışmada, elde edilen peletlerin dayanıklılık direncinin % 95'in üzerinde olduğunu bildirmiştir. Tatlı sorgum posalarından elde edilen peletlerin

dayanıklılık direncinin Adana koşullarında % 88.6-99.1 arasında (Dok ve ark., 2021a), Şanlıurfa koşullarında tatlı sorgum posasından elde edilen peletlerin dayanıklılık direncinin % 95.26-99.40 arasında (Dok ve ark., 2021c) değiştiği bildirilmektedir. Çalışmamızdan elde edilen değerlerin literatürdeki bu değerlerle uyumlu olduğu söylenebilir.

### 3.3. Pelet yığın yoğunluğu

Çalışmada elde edilen peletlerin yığın yoğunluğuna ait veriler ve bu değerlere ait çoklu karşılaştırmalar Tablo 3'te görülmektedir. Araştırma sonucuna göre, pelet yığın yoğunluğuna genotiplerin ve yılların etkileri istatistiki açıdan  $p < 0.01$  düzeyinde önemli bulunmuş, genotip x yıl etkileşimini de anlamlı çıkmıştır. İki yıllık ortalama sonuçlara göre, yığın yoğunluğu  $488 \text{ kg m}^{-3}$  ile  $724 \text{ kg m}^{-3}$  arasında değişmiştir. Yığın yoğunluğunun en yüksek ortalaması No41 genotipinde, en düşük yığın yoğunluğu ortalaması ise Theis genotipinde elde edilmiştir. Pelet yığın yoğunluğu genotiplerin ortalaması olarak 2016 yılında  $581 \text{ kg m}^{-3}$  ve 2017 yılında ise  $645 \text{ kg m}^{-3}$  olarak gerçekleşmiştir (Tablo 3). Pelet yığın

yoğunluğu, peletin önemli bir fiziksel özelliği olup, taşınma kolaylığı ve ambalajlanmasında yüksek olması avantaj sağlamaktadır. Yıllar ve genotipler arasında farkın önemli olması genotip özelliği ile ilgilidir. Ayrıca kullanılan pelet makinesi de pelet yığın yoğunluğunu etkileyebilir. Ancak kullanılan pelet makinesi aynı olduğu için ortaya çıkan farklılığın nedeni, genotip özelliği ve iklimsel faktörler denilebilir.

Pelet yığın yoğunluğu peletin fiziki özelliklerini belirlemek için önemli bir kriterdir. Nakliye, yükleme, boşaltma ve depolama alanı, peletlerin yığın yoğunluğu ile yakından ilişkilidir. Pelet yığın yoğunluğunun yüksek olması ve nakliyenin uygun şartlarda yapılması ile daha az depolama alanına ihtiyaç duyulmaktadır (Liu ve ark., 2013; Dok ve ark., 2021a). TS EN-ISO-17225-6 standardına göre peletlerin yığın yoğunlukları, A ve B kalitedeki peletler için  $600 \text{ kg m}^{-3}$  ve üzerinde olması gerekmektedir (Anonim, 2021). Bu kriterlere göre, Şanlıurfa lokasyonunda yetiştirilen tatlı sorgum genotiplerinin posalarından elde edilen peletlerin yığın yoğunlukları, iki yıllık ortalama veriler dikkate alındığında, 11 genotipin standartlara uygun

**Tablo 3. Tatlı sorgum genotiplerinden elde edilen peletlerin yığın yoğunluğu ve parça yoğunluğu değerleri\***

Table 3. Bulk density and particle density values of pellets obtained from sweet sorghum genotypes\*

Genotipler	Yığın yoğunluğu ( $\text{kg m}^{-3}$ )			Parça yoğunluğu ( $\text{kg m}^{-3}$ )		
	2016	2017	Ortalama	2016	2017	Ortalama
Corina	625 de	723 bc	674 c	1280 ab	1266 ab	1273 abc
Cowley	525 jkl	671 ij	598 gh <sub>1</sub>	1167 d-g	1249 ab	1208 d-g
Grassi	640 cde	463 o	551 j	1235 bc	895 d	1065 kl
M81-E	545 gh <sub>1</sub>	542 m	543 jk	1151 e-h	1092 c	1121 ij
N98	521 klm	677 h <sub>1</sub>	599 gh	1207 cde	1255 ab	1231 c-f
N. sugarcane	538 hij	527 n	532 l	1136 f- <sub>1</sub>	1093 c	1115 ijk
P1579753	685 b	656 k	670 c	1251 bc	1226 b	1239 cde
Ramada	552 gh	699 ef	625 e	1105 gh <sub>1</sub>	1265 ab	1185 e-h
Rio	530 ijk	684 h	607 fg	1152 e-h	1275 ab	1213 def
Roma	646 c	697 efg	671 c	1248 bc	1252 ab	1250 bcd
Smith	624 e	554 m	589 <sub>1</sub>	1270 abc	1097 c	1183 fgh
Theis	505 mn	472 o	488 m	1112 f- <sub>1</sub>	965 d	1039 l
Topper 76	501 n	689 fgh	595 h <sub>1</sub>	1080 <sub>1</sub>	1212 b	1146 hij
Tracy	511 lmn	683 h <sub>1</sub>	597 gh <sub>1</sub>	1098 h <sub>1</sub>	1211 b	1154 gh <sub>1</sub>
UNL-hybrid -3	641 cd	712 cd	676 c	1234 bc	1248 ab	1241 cd
Williams	505 mn	572 l	538 kl	1106 f- <sub>1</sub>	1089 c	1098 jk
Wray	560 g	728 b	644 d	1226 bcd	1283 ab	1255 a-d
No91	535 ijk	686 gh	611 f	1169 def	1255 ab	1212 def
No5	582 f	706 de	644 d	1223 bcd	1275 ab	1249 bcd
No41	693 b	755 a	724 a	1279 ab	1331 a	1305 a
Gülşeker	729 a	664 jk	697 b	1323 a	1272 ab	1298 ab
Ortalama	581 B	645 A		1193	1196	
Değişkenlik katsayısı (%)		0.89			2.51	
F <sub>genotip</sub>		**			**	
F <sub>yıl</sub>		**			öd.	
F <sub>YxG</sub>		**			**	

\*: Aynı grupta, aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında önemli farklılık yoktur, \*\*: İstatistiksel olarak  $p < 0.01$  seviyesinde önemli farklılık, Y: Yıl, G: Genotip, öd.: Önemli değil

olduğu görülmüştür. Tumulu (2019), sorgum sapı ve çam talaşı karışımıyla yapmış olduğu bir çalışmada, elde edilen peletlerin yığın yoğunluğunu  $550 \text{ kg m}^{-3}$ 'ün üzerinde belirlemiştir. Theerarattananoona ve ark. (2011), sorgum saplarından elde edilen peletlerin yığın yoğunluklarının  $365.2 \text{ kg m}^{-3}$  ile  $478.6 \text{ kg m}^{-3}$  arasında olduğunu belirlemiştir. Dok ve ark. (2021a), Adana koşullarında genotiplere göre değişimle birlikte tatlı sorgum posalarından elde edilen peletlerin yığın yoğunluğunun  $527-690 \text{ kg m}^{-3}$ ; Dok ve ark. (2021c), Şanlıurfa koşullarında tatlı sorgum saplarından elde edilen peletlerin yığın yoğunluğunun yıllara ve genotiplere göre değişimle birlikte  $512.3-705.5 \text{ kg m}^{-3}$  arasında değiştiğini bildirmiştir.

### 3.4. Pelet parça yoğunluğu

Yapılan çalışmada, elde edilen peletlerin parça yoğunluğuna ait değerler ve çoklu karşılaştırmalar Tablo 3'te verilmiştir. Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre pelet parça yoğunluğu yönüyle incelenen genotip ve genotip x yıl interaksyonu arasında  $p < 0.01$  düzeyinde istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmuştur. Ancak yıllar arasında önemli farklılık bulunmamıştır. İki yılın birleştirilmiş analizlerine göre, genotiplerin parça yoğunluğu  $1039 \text{ kg m}^{-3}$  ile  $1305 \text{ kg m}^{-3}$  aralığında değişmektedir. Çalışmada en yüksek pelet parça yoğunluğu No41 genotipinde ve en düşük parça yoğunluğu ise Theis genotipinde elde edilmiştir. Pelet parça yoğunluğu değeri, genotiplerin ortalaması 2016 yılında  $1193 \text{ kg m}^{-3}$  ve 2017 yılında ise  $1196 \text{ kg m}^{-3}$  olarak saptanmıştır (Tablo 3). Pelet parça yoğunluğunun genotipler arasında farklı çıkması da diğer fiziksel özellikleri gibi genotipin yapısıyla ilgili bir özelliktir. Peletleme esnasında bazı genotiplerde aşırı ısınmadan dolayı kızışmalar ve çatlama oluşmuştur. Bu tip genotiplerin peletleri daha sert bir yapı göstermiş ve parça yoğunlukları yüksek çıkmıştır. Tenorio ve ark. (2015) Costa Rica'da tropik iklimde yetiştirilen sorgum saplarından elde edilen peletlerin parça yoğunluğunu  $1.11 \text{ g cm}^{-3}$  ( $1110 \text{ kg m}^{-3}$ ); Puig-Arnabat ve ark. (2016), sorgum sapından oluşturulan peletlerin parça yoğunluğunu  $1049 \pm 99 \text{ kg m}^{-3}$  olarak tespit etmişlerdir. Dok ve ark. (2021a) Adana koşullarında genotiplere göre değişimle birlikte tatlı sorgum saplarından elde edilen peletlerin parça yoğunluğunun  $1070-1291 \text{ kg m}^{-3}$ ; Dok ve ark. (2021c), Şanlıurfa koşullarında tatlı sorgum posalarından elde edilen peletlerin parça yoğunluğunun  $664-691.5 \text{ kg m}^{-3}$  arasında değiştiğini bildirmiştir.

### 3.5. Sertlik

Araştırmada yer alan bazı genotiplerin saplarında yapılan peletlerde kırılma olmamış, pelet ezilmiş ve herhangi bir sertlik değeri elde edilememiştir. Bu nedenle, incelenen özellik bakımından tüm genotiplerde veri alınmadığı için istatistiksel analizlere tabi tutulmamış ve sadece tekrarlamaya ortalaması verilmiştir (Tablo 4). Pelet sertliği, peletin nakliye esnasındaki kırılmalarını etkileyen bir özelliktir. Genotiplere ve çevre şartlarına göre farklılık gösterebilir. Peletin muhafazasında yüksek olması arzu edilir. İki yıllık birleştirilmiş sonuçlara göre, veri alınan genotiplerin pelet sertlik değerleri  $1756-3972 \text{ N}$  arasında değişmiştir. En düşük değer No91 genotipinde, en yüksek değer ise Gülşeker çeşidinde elde edilmiştir. Ölçüm yapılan genotiplerin 2016 yılı verileri ( $3770 \text{ N}$ ), 2017 yılına ( $1908 \text{ N}$ ) göre oldukça yüksek gerçekleştiği görülmüştür (Tablo 4). Pelet sertliğinin bütün genotiplerde ölçülemediği için tatlı sorgum genotiplerinin saplarından elde edilen peletlerin sertlik değerlerinin kalite kriterleri arasında değerlendirilmeyerek diğer kriterlere göre hareket edilmesi faydalı olacaktır.

Pelet sertliği, peletin yüklenme, boşaltma ve nakliyesi ile ilgili önemli bir kısıttır (Liu ve ark., 2013). Sertliği en yüksek olan peletler, diğerlerine göre daha kaliteli olarak işlem görmektedir (Celma ve ark., 2012; Dok ve ark., 2021a). Theerarattananoon ve ark. (2011) yapmış olduğu bir çalışmada, sorgum saplarından elde edilen peletlerin sertliğinin pelet nemi ile arttığını ve % 14-16 nemde en yüksek değere ulaştığını belirlemiştir. Dok ve ark. (2021a) Adana koşullarında genotiplere göre değişimle birlikte tatlı sorgum posalarından elde edilen peletlerde pelet sertliğinin  $1396-3221 \text{ N}$  arasında değiştiğini bildirmiştir. Dok ve ark. (2021c), Şanlıurfa koşullarında tatlı sorgum saplarından elde edilen peletlerin sertliğinin yıllara ve genotiplere göre farklılık gösterdiği ve peletlerin sertliklerinin  $739-4910 \text{ N}$  arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

### 3.6. Pelet nem alma direnci

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, nem alma direnci yönüyle incelenen genotip, genotip x yıl interaksyonu ve yıllar arasında istatistiksel olarak  $p < 0.01$  düzeyinde önemli farklılık bulunmuştur. İki yılın birleştirilmiş analizi sonucuna göre, genotiplerin nem alma direnci % 9.98 ile % 16.60 arasında değişmektedir. En yüksek nem alma direnci iki yıllık ortalama

**Tablo 4. Tatlı sorgum genotiplerinden elde edilen peletlerin sertlik ve nem alma direnci değerleri\***  
 Table 4. Hardness and moisture absorption resistance values of pellets obtained from sweet sorghum genotypes\*

Genotip	Sertlik (N)			Nem alma direnci (%)		
	2016	2017	Ortalama	2016	2017	Ortalama
Corina	4897	2034	3465	13.13 gh	9.94 def	11.53 ef
Cowley	2971	2149	2560	15.76 a-d	11.17 cd	13.47 c
Grassi	3641	-	-	12.11 hj	15.08 b	13.59 c
M81-E	-	-	-	15.63 a-d	16.69 a	16.16 a
N98	-	1910	-	16.51 ab	9.71 e-h	13.11 c
N. sugarcane	2040	-	-	15.72 a-d	14.41 b	15.06 b
P1579753	3475	1982	2729	12.46 hi	9.82 efg	11.14 ef
Ramada	3149	2084	2617	13.60 e-h	8.78 fgh	11.19 ef
Rio	-	2028	-	15.69 a-d	9.82 efg	12.75 cd
Roma	3620	1955	2788	14.64 d-g	8.60 gh	11.62 e
Smith	4796	-	-	13.36 fgh	16.47 a	14.91 b
Theis	-	-	-	16.47 abc	16.74 a	16.60 a
Topper 76	-	1674	-	16.92 a	10.12 de	13.52 c
Tracy	-	2032	-	16.87 a	9.74 e-h	13.30 c
UNL-hybrid -3	3194	2030	2612	11.30 ij	8.67 fgh	9.98 g
Williams	-	-	-	16.35 abc	15.08 b	15.72 ab
Wray	3686	1890	2788	15.17 b-e	8.50 h	11.83 de
No91	2095	1418	1756	14.92 c-f	10.37 cde	12.64 cd
No5	3514	2132	2823	13.59 e-h	9.67 e-h	11.63 e
No41	4841	2220	3530	11.27 ij	9.92 def	10.60 fg
Gülşeker	6866	1078	3972	10.59 j	11.50 c	11.04 ef
Ortalama	3770	1908		14.38 A	11.47 B	
Değişkenlik katsayısı (%)		--			4.24	
F <sub>genotip</sub>		--			**	
F <sub>yıl</sub>		--			**	
F <sub>YxG</sub>		--			**	

\*: Aynı grupta, aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında önemli farklılık yoktur, \*\*: İstatistiksel olarak p<0.01 seviyesinde önemli farklılık, Y: Yıl, G: Genotip

dikkate alındığında Theis ve M81-E genotiplerinde, en düşük nem alma direnci ise UNL-hybrid -3 genotipinde elde edilmiştir. Yıllar itibari ile genotiplerin nem alma direnci 2016 yılında % 14.38 ve 2017 yılında ise % 11.47 olarak gerçekleşmiştir (Tablo 4). Peletlerin nem alma direncinin düşük olması istenilen bir özelliktir. Nem alma direnci, genotipten elde edilen peletlerin saklama şartları ile doğrudan ilişkilidir. Pelet nem alma direnci, peletin muhafazası, saklama ve depolama şartlarının belirlenmesinde oldukça önem arz etmektedir. Nem alma ihtimalleri göz önünde alındığında düşük neme sahip peletlerin yüksek nem şartlarına maruz kalmaması sağlanmalıdır. Dok ve ark. (2021a) Adana koşullarında genotiplere göre değişmekle birlikte tatlı sorgum posalarından elde edilen peletlerin nem alma direncinin % 9.81-13.86 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Dok ve ark. (2021c), Şanlıurfa koşullarında tatlı sorgum saplarından elde edilen peletlerde nem alma direncinin yıllara ve genotiplere göre farklılık gösterdiği ve peletlerin nem alma direncinin % 7.63-13.68 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

#### 4. Sonuçlar

Biyokütle kaynaklarından olan tarımsal artıklar, Türkiye açısından önemli sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Yapılan bu çalışmada da görüldüğü gibi, önemli bir enerji kaynağı olan tatlı sorgum genotiplerinin yakıt pelet standartlarına uygun olduğu ve incelenen özellikler bakımından da kaliteli katı yakıtlar sınıfına girdiği görülmektedir.

Isınma amacıyla evlerde kullanılan yerli linyit kömürünün % 95'inin kalori değeri, 3000 kcal kg<sup>-1</sup> altındadır. Bu durumda, tarım artıklarından, özellikle de tatlı sorgum artıklarından elde edilen peletlerin önemi açıkça görülmektedir. Biokütleden pelet üretiminin verimli hale getirilmesi ile bölge ve ülkenin farklı bölgelerinde, değişik kapasitelerde üretim yapan tesislerin kurulması mümkün olabilir. Böylece yerel halkı kalkındırma ve kaynakların yerinde değerlendirilmesi çerçevesinde, tatlı sorgum sapı gibi diğer tarımsal artıkların da değerlendirilmesi sağlanabilir.



## Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

## Finansman

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından "114O948" numaralı proje ile desteklenmiştir.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

## Kaynaklar

- Acar, R., Akgün, N., 2009. Şeker darısının (*Sorghum bicolor* (L.) Moench var. *saccharatum*) yeşil ot verimi ve verim öğelerine farklı azot dozlarının etkisi. *Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi*, 19-22 Ekim, Hatay, s. 637-640.
- Anonim, 2016a. Katı Biyoyakıtlar-Pelet ve Briketlerin Mekanik Dayanıklılığının Tayini-Bölüm 1: Pelletler (TS EN ISO 17831-1). Türk Standardı Enstitüsü, (<https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073097083066101107056122104047069070>), (Erişim Tarihi: 23.09.2022).
- Anonim, 2016b. Katı Biyoyakıtlar-Yığın Yoğunluğunun Tayini (TS EN ISO 17828). Türk Standardı Enstitüsü, (<https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073081071115076068070116075056076082>), (Erişim tarihi: 23.09.2022).
- Anonim, 2018. Şanlıurfa İli İklim Verileri. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, (<http://www.mgm.gov.tr/veri-degerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspxm=SANLIURFA>), (Erişim tarihi: 03.09.2018).
- Anonim, 2021. Katı Biyoyakıtlar-Yakıt Özellikleri ve Sınıfları-Bölüm 6: Sınıflandırılmış Ahşap Olmayan Pelletler (TS EN ISO 17225-6). Türk Standardı Enstitüsü, (<https://intweb.tse.org.tr/standard/standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073089049103080101043071081047106088>), (Erişim tarihi: 23.09.2022).
- Anonim, 2022. Türkiye'nin Toplam Biyokütle Enerji Potansiyeli. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası, (<https://bepa.enerji.gov.tr/>), (Erişim tarihi:10.09.2022).
- Anonymous, 2016. Solid Biofuels-Determination of Particle Density of Pellets and Briquettes (ISO 18847:2016). International Organization for Standardization, (<https://www.iso.org/standard/63560.html>), (Erişim tarihi: 23.09.2022).
- Balat, M., Balat, H., Öz, C., 2008. Progress in bioethanol processing. *Progress in Energy and Combustion Science*, 34(5): 551-573.
- Celma, A.R., Cuadros, F., Rodriguez, F.L., 2012. Characterization of pellets from industrial tomato residues. *Food and Bioproducts Processing*, 90(4): 700-706.
- Dok, M., Adıyaman, C., Erbil, E., Hatipoğlu, H., Efendioğlu-Çelik, A., Aksoy, M., Acar, M., 2021c. Şanlıurfa şartlarında ikinci ürün olarak yetiştirilen bazı tatlı sorgum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] çeşitlerinin saplarından elde edilen pelletlerin yakıt özelliklerinin belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(3): 709-719.
- Dok, M., Çelik A.E., Aksoy, M., Yücel, C., 2021b. Çukurova koşullarında yetiştirilen tatlı sorgum posasından elde edilen pelletlerin yanma özelliklerinin belirlenmesi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 5(4): 820-832.
- Dok, M., Çelik, A.E., Aksoy, M., Yücel, C., 2021a. Çukurova koşullarında yetiştirilen tatlı sorgum posasından elde edilen pelletlerin bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesi. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 6(2): 284-295.
- Erdurmuş, C., Yücel, C., Cınar, O., Bayır Yegin, A., Oten, M., 2018. Bioethanol and sugar yields of sweet sorghum. *The International Journal of Engineering and Science*, 7(11): 21-26.
- Guiying, L., Weibin, G., Hicks, A., Chapman, K.R., 2003. A Training Manual for Sweet Sorghum. FAO-TCP/CPR/0066, (<http://ecoport.org/ep?SearchType=earticleView&articleId=172&page=-2>), (Erişim tarihi: 31.10.2018).
- Ivanova, T., Muntean, A., Havrland, B., Hutla, P., 2018. Quality assessment of solid biofuel made of sweet sorghum biomass. *BIO Web of Conferences, Contemporary Research Trends in Agricultural Engineering*, 10: 02007.
- İllez, B., 2020. Türkiye'de Biyokütle Enerjisi. Türkiye'nin Enerji Görünümü, ([https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/TEG-2020-13\\_%20Biyok%C3%BCTle%20Enerjisi%20\\_B%C3%BClent%20%C4%B0llez.pdf](https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/TEG-2020-13_%20Biyok%C3%BCTle%20Enerjisi%20_B%C3%BClent%20%C4%B0llez.pdf)), s. 317-344, (Erişim tarihi: 31.10.2021).
- Kalaycı, M., 2005. Örneklerle JUMP Kullanımı ve Tarımsal Araştırma İçin Varyans Analizi Modelleri. Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Yayın No: 21, Eskişehir.
- Karayılmazlar, S., Saraçoğlu, N., Çabuk, Y., Kurt, R., 2011. Biyokütlenin Türkiye'de enerji üretiminde değerlendirilmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 13(19): 63-75.
- Köppen, S., Reinhardt, G., Gartner, S., 2009. Assessment of Energy and Greenhouse Gas Inventories of Sweet Sorghum for First and Second-Generation Bioethanol. FAO Environmental and Natural Resources Service Series, No. 30, FAO.
- Liu, Z., Jiang, Z., Cai, Z., Fei, B., Yu, Y., Liu, X., 2013. Effects of carbonization conditions on properties of bamboo pellets. *Renewable Energy*, 51: 1-6.

- Puig-Arnabat, M., Shang, L., Sárossy, Z., Ahrenfeldt, J., Henriksen, U.B., 2016. From a single pellet press to a bench scale pellet mill-Pelletizing six different biomass feedstocks. *Fuel Processing Technology*, 142: 27-33.
- Raju, J., Narasimha, J., Kumari, N.N., Raghunandan, T., Preetam, V.C., Kumar, A.A., Reddy, P.R.K., 2021. Feeding value of sorghum stover fed to tropical hair sheep as complete rations in chop, mash, pellet, and block forms. *Veterinary World*, 14(8): 2273-2281.
- Reddy, B.V.S., Sanjana, R.P., 2003. Sweet sorghum: characteristics and potential. *International Sorghum and Millets Newsletter*, 44: 26-28.
- Ruiz Celma, A., Cuadros, F., López-Rodríguez, F., 2012. Characterization of pellets from industrial tomato residues. *Food and Bioproducts Processing*, 90(4): 700-706.
- Sabancı, A., 2010. Türkiye’de biyodizel ve biyoetanol üretiminin tarım sektörü açısından değerlendirilmesi. *Ziraat Mühendisleri Odası 7. Teknik Kongresi*, 11-15 Ocak, Ankara, s. 933-953.
- Sluiter, A., Hames, B., Hyman, D., Payne, C., Ruiz, R., Scarlata, C., Sluiter, J., Templeton, D., Wolfe, J., 2008. Determination of Total Solids in Biomass and Total Dissolved Solids in Liquid Process Samples, Laboratory Analytical Procedure (LAP). National Renewable Energy Laboratory, NREL/TP-510-42621, Colorado.
- Tang, S., Wang, Z., Chan, C., Xie, P., Xie, Q., 2018. The prospect of sweet sorghum as the source for high biomass crop. *Journal of Agricultural Science and Botany*, 2: 5-11.
- Tenorio, C., Moya, R., Filho, M.T., Valaert, J., 2015. Quality of pellets made from agricultural and forestry crops in Costa Rican tropical climates. *BioResources*, 10(1): 482-498.
- Theerattananon, K., Xu, F., Wilson, J., Ballard, R., Mckinney, L., Staggenborg, S., Vadlani, P., Pei, Z.J., Wang, D., 2011. Physical properties of pellets made from sorghum stalk, corn stover, wheat straw, and big bluestem. *Industrial Crops and Products*, 33(2): 325-332.
- Tumuluru, J.S., 2019. Pelleting of pine and switchgrass blends: effect of process variables and blend ratio on the pellet quality and energy consumption. *Energies*, 12(7): 1198.
- Ungureanu, N., Vlăduț, V., Biriș, S.Ș., Dincă, M., Ionescu, M., Zăbavă, B.S., Munteanu, G.B., Voicea, L., 2016. A review on the durability of biomass pellets. *5th International Conference on Thermal Equipment, Renewable Energy and Rural Development*, June 2016, Bulgaria, p. 383.
- Yücel, C., Yücel, D., Hatipoğlu, R., Dweikat, I., 2022. Research on the potential of some sweet sorghum genotypes as bioethanol source under Mediterranean conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 46: 141-151.

**ALINTI:** Dok, M., Aksoy, M., Efendioğlu Çelik, A., Yücel, C., 2022. Farklı Tatlı Sorgum [*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.] Genotiplerinin Posasından Yapılan Peletlerin Bazı Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 9(3): 304-313.

**CITATION:** Dok, M., Aksoy, M., Efendioğlu Çelik, A., Yücel, C., 2022. Determination of Some Physical Properties of Pellets Produced from Bagasse of Different Sweet Sorghum [*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.] Genotypes. *Turkish Journal of Agricultural Research*, 9(3): 304-313. (In Turkish).