



Şanlıurfa şartlarında ikinci ürün olarak yetiştirilen bazı tatlı sorgum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] çeşitlerinin saplarından elde edilen peletlerin yakıt özelliklerinin belirlenmesi

Determination of fuel properties of pellets obtained from the stalks of some sweet sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] cultivars grown as a second crop under Şanlıurfa conditions

Mahmut DOK¹, Cemile ADIYAMAN², Erdal ERBİL², Halil HATİPOĞLU², Ayşegül E. ÇELİK¹,
Mine AKSOY³, Mustafa ACAR¹

¹Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Samsun.

²GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Şanlıurfa.

³Orhangazi İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Bursa.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

DOI: [10.37908/mkutbd.974979](https://doi.org/10.37908/mkutbd.974979)

Geliş tarihi /Received:27.07.2021

Kabul tarihi/Accepted:07.09.2021

Keywords:

Sweet sorghum, renewable energy, pellet, solid biofuel.

Corresponding author: Mahmut DOK

mahmutdok@hotmail.com

Ö Z E T / A B S T R A C T

Aims: Alternative energy plants, which are not grown in our country but are thought to adapt to the ecological conditions of our country, are also included in the production pattern. In addition to being a sugar plant, it is aimed to use the sweet sorghum plant, which has a wide usage area as food, feed, fiber, energy, and biofuel, in the production of solid biofuel, and the remaining pulp after taking bioethanol and sap from the sap with high sugar content.

Methods and Results: Six sweet sorghum varieties (Dale, M81-E, PHS 12-10, Urja, Top 76-6, Theis) were used in this study, which was carried out as a second crop in Şanlıurfa ecological conditions in 2016 and 2017. Pellets were produced from the sap of these varieties and their quality characteristics (heat value (kcal kg⁻¹), moisture content (%), ash content (%), pellet durability resistance (%), moisture absorption resistance (%), pellet hardness (N)), elemental analysis values (%) and pellet bulk density (kg m⁻³) were examined.

Conclusions: Solid biofuel (pellet) was produced from dehydrated sweet sorghum pulp without the need for any adhesive. In the pellets obtained in the study, the highest upper calorific value was obtained from Theis (4412-4364 kcal kg⁻¹) variety, and the lowest upper calorific value was obtained from PHS 12-10 (4226 kcal kg⁻¹) and Urja (4287 kcal kg⁻¹) varieties.

Significance and Impact of the Study: As a result of the study, it was determined that the pellets obtained from the stems of these varieties examined were in compliance with the standards. It has been observed that these pellets obtained from sweet sorghum stalks can be used as an alternative fuel wherever coal is used. Agricultural residues, which are abundant in our country and cause problems because they do not have the opportunity to use and evaluate regularly, can be turned into modern fuel, pellets, and both can be brought to the country's economy and a solution to environmental pollution can be found.

Atıf / Citation: Dok M, Adiyaman C, Erbil E, Hatipoğlu H, Efendioğlu-Çelik A, Aksoy M, Acar M (2021) Şanlıurfa şartlarında ikinci ürün olarak yetiştirilen bazı tatlı sorgum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] çeşitlerinin saplarından elde edilen peletlerin yakıt özelliklerinin belirlenmesi. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 26(3) : 709-719. DOI: 10.37908/mkutbd.974979

GİRİŞ

Bitkilerin ve canlı organizmaların kökeni olarak ortaya çıkan biyokütle, genelde güneş enerjisini fotosentez yardımıyla depolayan bitkisel organizmalar olarak adlandırılır. Biyokütle, bir türe veya çeşitli türlerden oluşan bir topluma ait yaşayan organizmaların belirli bir zamanda sahip oldukları toplam kütle miktarı olarak da tanımlanabilir (Eren, 2011). Biyokütle doğrudan ısınma ve elektrik amacıyla kullanılabilen katı, gaz ve sıvı yakıtla çevrilebilmektedir. Biyokütleden elde edilen enerjiye ise biyokütle enerjisi denir (Karayılmazlar ve ark., 2011). Biyokütle enerjisi, biyolojik kaynaklardan elde edilen tarımsal kalıntılar, evsel atıklar, yakacak odun, hayvansal atıklar ve diğer yakıtlardan oluşur. Tarımsal atıklar, tarımsal sistemin yan ürünleri olan saman, kabuk, çekirdek ve saplardan oluşan bir biyokütle olarak tanımlanır. Tarımsal atıklar iki grupta incelenebilir. Birincisi pamuk sapı gibi hasat sonrası tarlada kalan mahsul artıkları ve ikincisi ise pirinç kabuğu gibi endüstriyel işlemenin yan ürünleri olan atıklardır. (Karaca, 2019).

Günümüzde enerji tarımı adı verilen bir tarım türü oluşmuştur. Dünyada son yıllarda yenilenebilir enerji bitkileri tarımı üzerine çalışmalar yoğunlaşmış, birçok ülke bu konuda hızlı yol almaktadır. Son yıllarda enerji tarımı çalışmaları yoğunluk kazanmış olmasına karşın, Türkiye yenilenebilir enerji kaynaklarına verilen destekler (% 0.7), dünya ortalamasının (% 2-3) oldukça altında olup, bu yönde çalışmalar da oldukça düşük düzeydedir (Yaşar, 2009). Ancak 2005 yılından sonra yenilenebilir enerji için yerli kaynakların kullanımının artırılması amaçlanmış, bu doğrultuda yatırımcılar için belirli teşvik uygulamalarına gidilmiştir. 2010 yılında meydana gelen yeni düzenlemelerle birlikte, her bir yenilenebilir enerji kaynakları için farklı sabit fiyat garantisi belirlenmiştir (Yılmaz ve Hotunoğlu, 2015).

Tatlı sorgum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] Gramineae familyasından olup enerji bitkisi olarak ülkemizde henüz bilinmeyen, dünyada ise yavaş yavaş yaygınlaşmaya başlayan C4 enerji bitkileri arasında en çok yetiştiriciliği yapılan bir bitkidir (Acar ve Akgün, 2009). Olgunlaşmak için 90-140 gün arasında bir büyüme süresine ihtiyaç duyan ve çok etkili bir kök sistemine sahip olan bitki, kök sistemi sayesinde kuraklığa dayanıklı, adaptasyon kabiliyeti iyi ve yüksek biyokütle verimine sahiptir (Köppen ve ark., 2009). Farklı toprak tiplerine tamamen adapte olabilen kumlu, killi, tuzlu alkali topraklarda yetiştirilebilen bir bitkidir (Guiying ve ark., 2003; Reddy and Sanjana, 2003). Tatlı sorgum, gelişmekte olan ülkelerde yenilenebilir enerji üretimi için araştırılan bitkiler arasında olup özellikle biyoetanol üretimi için en

ümitvar olan bir C4 bitkisidir (Balat ve ark., 2008). Yüksek sap verimi yanında, sapında (% 5-15) içerdiği yüksek orandaki şeker sayesinde biyoetanol üretiminde çok başarılı bir şekilde kullanılabileceği Avrupa ülkeleri, Amerika Birleşik Devletleri, Brezilya, Çin, Hindistan ve Etiyopya gibi ülkelerde yapılan tarımsal ve endüstriyel araştırmalarla belirlenmiştir. Enerji bitkisi olması ile birlikte konsantre şurup olarak iyi ve ucuz bir şeker kaynağı olarak ta önemli bir bitkidir. Aynı zamanda insan beslenmesinde, hayvan yemi olarak, elyaf yapımında, yüksek kaliteli kağıt yapımında kullanılan en önemli hammadde kaynağıdır (Köppen ve ark., 2009; Guiying ve ark., 2003).

Theerarattananoon ve ark. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, sorgum sapı, mısır sapı, buğday sapı ve sakal otundan pelet yapılarak fiziksel özellikleri incelenmiştir. Peletleme ile materyalim yoğunluğunun 9 kat arttığını, pelet kalıp kalınlığının materyalin dayanıklılık direncini artırdığını ve biyokütle tipine göre peletleme optimum nem içeriklerinin belirlenmesi gerektiğini bildirmişlerdir. Tatlı sorgum sapsaplarının meyve ekstraksiyonu ve odun tozuyla yapılan 1:1 oranındaki karışımlarından briket yapılarak fiziksel özellikleri incelenmiştir. Üretilen briketlerin kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri uygun standartlara göre ölçülmüştür. Araştırma sonuçları, odun talaşı içeren karışık sorgum briketlerinin en yüksek mekanik dayanıklılığa ve en düşük kül içeriğine sahip olduğunu göstermiştir; öte yandan tatlı sorgum ve odun talaşından yapılan briketler, ısı değer ve yoğunluk dahil olmak üzere diğer tüm parametreler bakımından iyi değerlere sahiptir. Artık odun biyokütlesinin eklenmesi sorgum esaslı briketlerin genel kalitesini iyileştirmesine rağmen, saf işlenmiş sorgum sapsaplarından yapılan briketlerin yüksek kaliteli tarımsal katı biyoyakıtlar kategorisine girdiği belirtilmiştir. Tatlı sorgumun çok iyi briketlere sahip olduğu ve bu nedenle katı biyoyakıt üretimi için umut verici bir biyokütle hammaddesi olduğu sonucuna varılabilir (Ivanova ve ark., 2018).

Sorgum sapsapları üç farklı şekilde (saf olarak sorgum sapı, sorgum sapı ile nişasta karışım ve sorgum sapsapına peletleme esnasında buhar uygulaması) peletlenmiş, pelet kalite kriterleri incelenmiş ve AB standardı tarafından belirlenen değerlerle karşılaştırılması yapılmıştır. Değerlendirilen parametrelere göre, sorgum biyokütlesinin (*Sorghum bicolor*) pelet üretimi için uygun olduğu kanıtlanmıştır. Bu çalışmadaki verilere dayanarak, sorgum+nişastanın, en yüksek neme, en düşük yoğunluğa, en yüksek ince ürün üretimine ve düşük enerji yoğunluğuna sahip olmuş, bu da onu pelet üretimi için en az önerilen yöntem haline getirmiştir. Ayrıca % 100 sorgum peletinde yapılan fiziksel analizler

en iyi değerleri sunarak, bu işlemin pelet üretimi için en iyisi olarak değerlendirildiğini ortaya koymuştur. Tüm işlemlerden ahşap olmayan peletler için TS EN İSO 17225-6 (2014) standardı spesifikasyonları dahilinde peletler elde edilmiştir (Ferreira ve ark., 2019).

Yapılan başka bir çalışmada, 9 çeşit tarımsal bitki artıkları, (kişniş, krambe, aspir, kuzukulağı, sorgum, kamış kanarya otu, düğüm otu, arpa samanı ve kolza samanı) hidrolik briket makinesinde briketlenmiştir. Tüm artıklar, ölçüm sırasında sabit nem içeriğine sahip olup 65 mm çapında briketler elde edilmiştir. Biyokütle nemi % 9 ile % 11 arasında değişmektedir. Ölçüm sonuçlarına göre, en yüksek hacim ağırlığını kişniş, aspir, kolza samanı, sorgum, kuzukulağı ve düğüm otu göstermiştir. En düşük hacim ağırlığı ise kamış kanarya otu, krambe ve arpa samanından elde edilmiştir. Briket parçalanma kuvveti en yüksek olanlar düğüm otu, aspir, kuzukulağı, sorgum ve kişnişte elde edilirken en düşük kuvvet kamış kanarya otu, arpa, kolza sapı ve krambeden elde edilmiştir. Hacim yoğunluğu yönünden ise sorgum sapının briketlerinin 800 ile 870 kg m⁻³ aralığında oldukça yüksek değerler verdiği belirlenmiştir (Plistilve ark., 2005). Dok ve ark., (2019) mısır saplarının briketlenmesi ile ilgili olarak yaptıkları bir çalışmada, Türkiye'nin yıllık 55-60 milyon ton tarımsal artık potansiyelinin olduğunu belirterek tarımsal artıklardan elde edilecek pelet ve briketlerin katı yakıt olarak kömürün kullanıldığı her yerde kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar, tarımsal artıklardan elde edilen briketlerin de AB standartlarına uygun yakıt özelliklerini taşıdığını da belirtmişlerdir.

Mutlu ve ark. (2019) GAP bölgesi illerini kapsayan bir çalışmada bölgenin tarımsal atık potansiyelinin yaklaşık 5.5 milyon ton olduğunu belirlemişlerdir. Aynı çalışmada bu atıkların yaklaşık 4 milyon tonlu kısmının Şanlıurfa ilinde olduğu belirtilmiştir.

GAP bölgesinde, özellikle Şanlıurfa ilinde, 2. Ürün tarımı rahatlıkla yapılabilir. Böylece buğdaydan sonra tarlalar boş kalmayıp değerlendirilmektedir. 2. Ürün olarak en fazla ekilen bitki mısır olup soya ve erkenci pamuk çeşitleri de ekilen ürünler arasındadır. Hâlihazırda tatlı sorgumun bölgede ekim alanı olmasa da enerji tarımının yaygınlaşması durumunda yetişebilecek bitkilerden birisi de tatlı sorgum olabilir. Tatlı sorgum, ikinci ürün olarak mısırın yetiştirildiği iklimde yetişebilmektedir. Bu çalışmanın amaçlarından birisi de 2. ürün sorgumun yaygınlaşması durumunda, artık (atık) dediğimiz saplarından enerji amaçlı nasıl yararlanabiliriz ve elde edilen yakıt ürünlerin –pelet-yanma özelliklerinin belirlenmesidir. Peletlerde yapılan fiziksel analizler, elde edilen yakıtın AB standartlarına uygunluğunun ölçüsü olarak değerlendirilmektedir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma yerinin genel özellikleri

Araştırma, GAP bölgesinde, Şanlıurfa ilinde yer alan GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne ait Koruklu-Talat DEMİRÖREN Araştırma İstasyonu deneme alanında yapılmıştır. Denemenin yürütüldüğü araştırma istasyonu, 36° 42' kuzey enlemi, 38° 58' doğu boylamında olup denizden yüksekliği 410 m' dir (Anonim, 2003).

Araştırma alanının toprak özellikleri

Araştırma, bölgede geniş yayılım alanına sahip ve araştırma istasyonunun tamamında yer alan Harran Toprak Serisinde yürütülmüştür. Bu seri toprakları, alüvyal ana materyalli, düz ve düze yakın eğimli, derin profilli topraklardır. Tipik kırmızı profilleri killi tekstürlü ve tüm profil çok kireçlidir. A, B, C horizonlu topraklar olup, pH 7.3 ile 7.8 arasında, organik madde içeriği düşük, katyon değişim kapasitesi yüksektir. KDK kil içeriğine bağlı olarak alt katmanlara doğru artmaktadır (Dinç ve ark. 1988). Ekim yapılan parsellerin analiz sonuçlarına göre, Ec 1.18 ds m⁻¹, kireç % 20, pH 7.80, alınabilir fosfor 4.13 kg da⁻¹, alınabilir potasyum 121 kg da⁻¹, organik madde % 1.31, düşük ve suya doygunluk % 68 dir.

Araştırma alanının iklim özellikleri

Şanlıurfa ili, karasal iklim bölgesine girmekle beraber, Akdeniz ikliminin etkisi altındadır. Yazları kurak ve sıcak, kışları ılık geçmektedir. 2016 yılı maksimum sıcaklıklar, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında sırasıyla 42.8; 44.1; 43.0 °C, 2017 yılında da ise sırasıyla 42.7; 44.7 ve 45.3 °C olarak gerçekleşmiştir. Gündüz sıcaklığı yazın 40 °C' nin üzerine çıkmakta olup bağıl nemin çok düşük oluşu buharlaşmayı arttırmaktadır (Atalay ve Mortan, 2006; Anonim, 2018).

Bitki materyali

Araştırmada özel firmalardan temin edilen altı tatlı sorgum çeşidi (Dale, Theis, M 81E, Top 76-6, PHS 12-10, Urja) [*Sorghum bicolor* (L.) *moench*] kullanılmıştır. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak kurulmuş, parseller sıra arası 70 cm, sıra üzeri 20 cm ve sıra uzunluğu 10 m (10x0.7x5=35 m²) olacak şekilde beş sıralı olarak düzenlenmiştir. Tekerrürler arasında 3 m mesafe bırakılmıştır. Parsel hasat alanı 8x0.7x3=16.8 m² dir. Sorgum bitkisinin özsuyu çıkarıldıktan sonra kalan posa kısmı pelet yapımında değerlendirilmiştir. Bu amaçla önce ortam sıcaklığında kurutulan materyal öğütüldükten sonra

Zibro PM 3.0 E (Pelet çapı: 6 mm, motor gücü: 3 Kw, peletleme kapasitesi: 50-100 Kg h⁻¹ dır) pelet makinesinden geçirilerek pelete dönüştürülmüştür. Elde edilen peletlerin nem miktarı, kül miktarı, üst ısıl değeri, elementel analizi (C, O₂, H, ve N) gibi kalite özellikleri belirlenmiştir. Pelet fiziksel özellikleri ile ilgili olarak peletlerin yığın yoğunluğu, dayanıklılık direnci, sertliği ve nem alma direnci belirlenmiştir. Peletler test öncesi 7 gün süre ile kapalı ortam çevre şartlarında bekletilmiştir. Özellikler ile ilgili testler üç tekerrürlü olarak yapılmış ve elde edilen sonuçların aritmetik ortalaması alınmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Üst ısıl değer (kcal kg⁻¹)

Araştırmada incelenen çeşitlerin peletlerinin üst ısıl değerlerine ait varyans analiz sonucu, uygulanan LSD test sonuçları ve varyasyon katsayısı (% CV) değerleri Çizelge 1' de verilmiştir. Yıllara ait üst ısıl değerlerin varyanslarının homojenliği Levene homojenlik testiyle test edilmiş olup, yapılan homojenlik testinde varyansların homojen olmadığı görülmüş (Sig. 0.0019<0.05) ve birleşik varyans analizi uygulanmamıştır. Çizelge incelendiğinde peletlerin üst ısıl değerleri bakımından çeşitler arasındaki farklılıklar, 2016 ve 2017 yılları varyans analiz sonuçlarına göre istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur. 2016 yılında üst ısıl değerleri 4364-4287 kcal kg⁻¹ arasında değişmiştir. 2017 yılında çeşitlerin üst ısıl değerleri 4412-4224 kcal kg⁻¹ arasında değişmiştir. 2016 ve 2017 yıllarının üst ısıl değerleri bakımından önemli bir fark görülmemektedir. Çubuk ve Heperkan (1998), tatlı sorgumun ısıl değerini 3870 kcal kg⁻¹ olarak bulmuşlardır. Antonopoulou ve ark. (2008), Keller çeşidinin ısıl değerini 2351 kcal kg⁻¹ olarak belirlemiştir. Karaca ve Başçetinçelik (2014), defne yaprağının

briktlenmesiyle ilgili yaptıkları çalışmada, üst ısıl değerinin gayet yüksek (20.08 Mj/kg) (4803 kcal/kg) ısıl değere sahip ve kül içeriğinin de % 6.80 olduğunu belirterek yakıt olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Avrupa Birliğince kabul edilen TSEN ISO 17225-6 (2014) standartlarına göre peletlerin üst ısıl değeri (Q) 14.5 Mj kg⁻¹ (3469 kcal kg⁻¹) ve üzerinde olmalıdır. Çalışmamızda bulunan üst ısıl değerler bu değerlerin hayli üzerinde yer almaktadır.

Nem miktarı (%)

Araştırmada kullanılan tatlı sorgum çeşitlerinden elde edilen peletlerin nem oranlarına ait varyans analiz sonucu uygulanan LSD testine göre oluşan gruplar, birleştirilmiş varyans analiz sonucu oluşan gruplar ve varyasyon katsayısı (% CV) değerleri Çizelge 1 'de verilmiştir. Yıllara ait nem oranlarına ait varyanslarının homojenliği Levene homojenlik testiyle test edilmiş olup, yapılan homojenlik testinde varyansların homojen olduğu görülmüş (Sig. 0.13>0.05) ve birleşik varyans analizi uygulanmıştır. Çizelge 1 incelendiğinde nem oranları bakımından çeşitler arasındaki farklılıklar, 2017 yılında istatistiksel olarak önemli, 2016 yılında önemsiz bulunmuştur. Çizelge göre; 2016 yılı pelet nem oranları % 7.16-5.03 arasında değişmektedir. 2017 yılında en yüksek pelet nem oranına PHS 12-10 (% 7.23) çeşidi sahip olurken, en düşük nem oranına M 81E (% 4.10) çeşidi sahip olmuştur. Top 76-6. Theis ve Urja çeşitleri (% 5.74- 5.42- 5.41) aynı istatistiksel grupta yer almıştır. Pelet nem içeriği TS EN ISO 17225-6 (2014) standartlarına göre, A sınıfı yakıtlar için M12≤ 12. B sınıfı yakıtlar için de M15≤ 15 olmalıdır. Çalışmamızda her iki yılda da nem oranları % 10' un altında bulunmuştur. Çeşitlerden elde edilen peletlerin nem içeriği yönünden standartlara uygun olduğu görülmektedir.

Çizelge 1. Peletlerin üst ısıl değer, nem ve kül miktarlarına ait 2016-2017 yılları varyans analiz sonucu yapılan LSD test sonuçları

Table 1. LSD test results of the 2016-2017 variance analysis of the upper calorific value, moisture and ash amounts of the pellets

Çeşitler	Üst Isıl değer (kcal kg ⁻¹)		Nem (%)		Kül (%)	
	2016	2017	2016	2017**	2016*	2017**
1-Dale	4348	4300	4.48	4.60 bc	4.76 a	4.53 bc
2-Theis	4364	4412	6.17	5.42 b	4.03 b	4.58 bc
3-M 81E	4332	4305	5.42	4.10 c	4.08 b	4.31 bc
4-Top 76-6	4319	4364	4.53	5.74 b	4.95 a	4.62 b
5-PHS 12-10	4335	4226	5.55	7.23 a	5.11 a	5.36 a
6-Urja	4287	4390	6.96	5.41 b	4.85 a	4.28 c
LSD	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	1.16	0.6	0.33
CV(%)	0.77	2.07	17.84	14.27	8.89	4.75

*: % 5 önem seviyesine göre önemli; **: % 1 önem seviyesine göre önemli.

Kül miktarı (%)

Araştırmada ele alınan tatlı sorgum çeşitlerinden elde edilen peletlerin kül oranlarına ait varyans analiz sonucu uygulanan LSD testine göre oluşan gruplar, birleştirilmiş varyans analiz sonucu oluşan gruplar ve varyasyon katsayısı (% CV) değerleri Çizelge 1' de verilmiştir. Yıllara ait kül oranlarına ait varyanslarının homojenliği Levene homojenlik testiyle test edilmiş olup, yapılan homojenlik testinde varyansların homojen olduğu görülmüş (*Sig.* 0.09>0.05) ve birleşik varyans analizi uygulanmıştır.

Çizelge 1 incelendiğinde peletlerdeki kül oranları bakımından çeşitler arasındaki farklılıklar 2016 ve 2017 yıllarıyla birlikte, yılların birleşik varyans analiz sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Çizelge 1' e göre 2016 yılında peletlerin kül oranları ortalama % 5.11-4.03 arasında değişmiştir. En yüksek kül oranı PHS 12-10 (% 5.11) çeşidinden alınmış ve bu çeşit Top 76-6. Urja ve Dale çeşitleri ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük kül oranı ise Theis (% 4.03) çeşidinden alınmıştır. 2017 yılında en yüksek kül oranı PHS 12-10 (%5.36) çeşidinden, en düşük değer ise Urja (% 4.28) çeşidinden elde edilmiştir.

İki yılın birleşik varyans analiz sonuçlarına göre, en yüksek kül oranı PHS 12-10 (% 5.23) çeşidinden. En düşük kül oranı M81E (% 4.20) olarak bulunmuştur. Claassen ve ark. (2004), Keller çeşidinin kül oranını % 3 olarak, Girgin (2012), yaptığı çalışmada Keller çeşidinin ham kül oranını % 7.01 olarak, Geren ve ark. (2011), bir çeşit tatlı sorgumun ham kül oranını % 5.8-7.0 olarak belirlemişlerdir. Avrupa Birliğince kabul edilen TS EN ISO 17225-6 (2014) standartlarına A sınıf yakıtlar için $A6.0 \leq 6.0$ B sınıfı yakıtlar için de $A10 \leq 10$ olmalıdır.

Çalışmamızdan elde edilen değerler standartların altında yer almaktadır.

Elementel analiz (N, C, O, H) (%)

Araştırmada ele alınan çeşitlerin azot (N), karbon (C), oksijen (O) ve hidrojen (H) değerlerine ait varyans analiz sonucu uygulanan LSD testine göre oluşan gruplar ve varyasyon katsayısı (% CV) değerleri Çizelge 2' de verilmiştir. Yıllara ait N, C, O ve H' e ait varyansların homojenliği Levene homojenlik testiyle test edilmiş olup, yapılan homojenlik testinde varyansların homojen olmadığı görülmüş (N: *Sig.* 0.0001<0.05; C: *Sig.* 0.0002<0.05; H: *Sig.* 0.04<0.05; O: *Sig.* 0.0004<0.05) ve birleşik varyans analizi uygulanmamıştır.

Çizelge 2 incelendiğinde, 2016 yılında peletlerin azot ve karbon oranları bakımından çeşitler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. 2016 yılı en yüksek azot oranı Dale (0.87) çeşidinden, en düşük azot oranı ise Top 76-6 (0.45) çeşidinden ortaya çıkmıştır. 2017 yılının azot ve karbon oranları bakımından çeşitler arasında fark istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır. TS EN ISO 17225-6 (2014) standardına göre azot (N) oranı. $N 1.0 \leq 1.0$ olmalıdır. Çizelge 2' ye göre hidrojen ve oksijen oranları, 2016 ve 2017 yılları varyans analiz sonuçlarına göre çeşitler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur. 2016 yılı hidrojen oranları % 5.64-5.42 arasında, 2017 yılı oranları da % 5.94-5.73 arasında değişmektedir. 2016 yılı oksijen oranları % 48.08-39.65 arasında, 2017 yılı oranları ise % 49.51-48.18 arasında değişim göstermektedir.

Pelet yığın yoğunluğu (kg m⁻³)

Araştırmada ele alınan tatlı sorgum çeşitlerinden elde edilen peletlerin yığın yoğunluklarına ait varyans analiz

sonucu uygulanan LSD testine göre oluşan gruplar, birleştirilmiş varyans analiz sonucu oluşan gruplar ve

varyasyon katsayısı (% CV) değerleri Çizelge 3' de verilmiştir..

Çizelge 2. Peletlerin N. C. H. O içeriklerine ait 2016-2017 yılları analiz sonucu yapılan LSD testine göre oluşan gruplar
Table 2. The groups formed according to the LSD test performed as a result of the analysis of the N. C. H. O contents of the pellets between the years 2016-2017

Çeşitler	Azot (%)		Karbon (%)		Hidrojen (%)		Oksijen (%)	
	2016 **	2017	2016*	2017	2016	2017	2016	2017
1-Dale	0.87 a	0.70	45.39 b	44.06	5.64	5.90	48.08	49.33
2-Theis	0.58 c	0.66	46.21 b	44.37	5.63	5.82	47.56	49.13
3-M 81E	0.48 cd	0.63	48.31 b	44.22	5.61	5.88	45.58	49.25
4-Top 76-6	0.45 d	0.72	48.52 b	44.92	5.50	5.94	45.51	48.42
5-PHS 12-10	0.52 d	0.76	49.44 ab	43.98	5.44	5.73	44.59	49.51
6-Urja	0.72 b	0.68	54.19 a	45.38	5.42	5.75	39.65	48.18
LSD	0.13	Ö.D.	5.33	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.
CV(%)	14.43	8.56	7.28	2.05	3.19	2.65	7.94	2.04

*: % 5 önem seviyesine göre önemli; **: % 1 önem seviyesine göre önemli.

Yıllara ait pelet yığın yoğunluklarına ait varyansların homojenliği Levene homojenlik testiyle test edilmiş olup, yapılan homojenlik testinde varyansların homojen olduğu görülmüş (Sig. 0.082>0.05) ve birleşik varyans analizi uygulanmıştır.

Çizelge 3, incelendiğinde pelet yığın yoğunlukları bakımından çeşitler arasındaki farklılıklar 2016 yılıyla birlikte, yılların birleşik varyans analiz sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. 2017 yılında ise çeşitler arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Çizelge 3' e göre 2016 yılında çeşitlerin pelet yığın yoğunluğu değerleri 584.3-512.3 kg m⁻³ olarak değişim göstermektedir. En yüksek pelet yığın yoğunluğu değerine sahip olan Dale (584.33 kg m⁻³) çeşidi Theis (564.00 kg m⁻³) çeşidi ile aynı istatistik grupta yer almıştır. PHS 12-10 (537.7 kg m⁻³), Top 76-6 (535.0 kg m⁻³) ve M 81E (534.7 kg m⁻³) çeşitleri ise aynı grupta yer almışlardır. 2017 yılında çeşitler arasındaki fark önemsiz çıkmış ve pelet yığın yoğunluğu değeri 705.5 kg m⁻³-664.0 kg m⁻³ arasında değişim göstermiştir.

Alparlan ve Ertekin(2018) tarafından karanfil artıklarının peletlenmesiyle ilgili yapılan bir çalışmada, pelet yığın yoğunluğunun 592 ile 624 kg m⁻³ aralığında değiştiği görülmüştür. Yapılan başka bir çalışmada pelet yığın yoğunluğu buğday sapında 495-649 kg m⁻³, sakal otunda 467-618 kg m⁻³, mısır sapında 469-625 kg m⁻³ ve sorgumda da 365-479 kg m⁻³ aralığında oluştuğu bulunmuştur (Theerarattananoon ve ark.. 2010).

Koçer (2018) tarafından yapılan çalışmada, pelet yığın yoğunluğunun zeytin budama artıklarından elde edilen peletlerde 603.5 kg m⁻³, nar budama artıklarından elde edilen peletlerde 749.4 kg m⁻³ ve bağ budama artığının

peletlerinden elde edilen pelette de 696.5 kg m⁻³ olarak bulunmuştur.

İki yılın birleşik varyans analiz sonucuna göre; çeşitler arasında en yüksek pelet yığın yoğunluğu değerine sahip olan Theis (626.3 kg m⁻³), Dale (626.0 kg m⁻³), PHS 12-10 (621.6 kg m⁻³), M 81E (613.1 kg m⁻³) ve Top 76-6 (602.5 kg m⁻³) çeşitleri 600 kg m⁻³ ün üzerinde değerler vererek aynı istatistik grupta yer almıştır. En düşük pelet yığın yoğunluğu değeri ise Urja (588.2 kg m⁻³) çeşidinden alınmıştır. Avrupa Birliğince kabul edilen standartlarına göre pelet yığın yoğunluğu (BD) TS EN ISO 17225-6 (2014) standartlarına göre A ve B sınıfı yakıtlar için BD600≥600 olmalıdır. Çalışmamızın 2016 yılı sonuçları standartlara yakın sonuçlar vermiş, 2017 yılı sonuçları ise standartlara uyumlu çıkmıştır. Bu durumda tatlı sorgum peletlerinin yığın yoğunluğu bakımından standartlara uygun olduğu söylenebilir.

Yıllar arasında görülen pelet yığın yoğunluğu, dayanıklılık direnci ve sertlik karakterlerindeki farklılık, materyalin nemi, saklama şartları ve en önemlisi de pelet makinesinin performansına bağlı olarak değişebileceği söylenebilir.

Dayanıklılık direnci (%)

Araştırmada incelenen tatlı sorgum çeşitlerinden elde edilen peletlerin dayanıklılık direncilerine ait varyans analiz sonucu uygulanan LSD testine göre oluşan gruplar, birleştirilmiş varyans analiz sonucu oluşan gruplar ve varyasyon katsayısı (% CV) değerleri Çizelge 3' de verilmiştir. Yıllara ait dayanıklılık direncilerine ait varyansların homojenliği Levene homojenlik testiyle test edilmiş olup, yapılan homojenlik testinde

varyansların homojen olduğu görülmüş (Sig. 0.54>0.05) ve birleşik varyans analizi uygulanmıştır.

Çizelge 3. Tatlı sorgum çeşitlerinden elde edilen peletlerde yığın yoğunluğu, dayanıklılık direnci, sertlik ve nem alma dirençlerine ait 2016-2017 yılları analiz sonucu yapılan LSD testine göre oluşan gruplar

Table 3. Groups formed according to the LSD test performed as a result of the 2016-2017 analysis of bulk density, strength resistance, hardness and dehumidification resistance in pellets obtained from sweet sorghum varieties

Çeşitler	Pelet Yığın Yoğunluğu (kg m ⁻³)		Dayanıklılık Direnci (%)		Sertlik (N)		Nem Alma Direnci (%)	
	2016**	2017	2016**	2017	2016**	2017**	2016**	2017
1-Dale	584.3 a	667.7	95.91 d	99.05	2732 c	1802 b	9.62 b	11.70
2-Theis	564.0 a	688.5	95.26 e	98.82	2360 c	2540 a	8.40 bd	12.34
3-M 81E	534.7 b	691.5	96.40 c	99.10	3315 b	2134 ab	8.16 cd	11.65
4-Top 76-6	535.0 b	670.0	96.82 b	99.40	4910 a	2035 b	11.28 a	11.34
5-PHS 12-10	537.7 b	705.5	97.67 a	98.22	4837 b	739 c	7.63 d	13.68
6-Urja	512.3 c	664.0	96.42 c	99.20	Sonuç yok	2253 ab	9.16 bc	10.17
LSD	21.26	ÖD	1.73	ÖD	575.70	467	1.30	ÖD
CV (%)	2.14	7.15	0.11	0.77	10.29	16.14	9.55	15.10

*: %5 önem seviyesine göre önemli; **: %1 önem seviyesine göre önemli.

Çizelge 3' e göre çeşitler arasındaki farklılıklar, peletlerin dayanıklılık dirençleri bakımından 2016 yılıyla birlikte, yılların birleşik varyans analiz sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. 2017 yılında ise çeşitler arasındaki fark önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 3 incelendiğinde 2016 yılında çeşitlerin pelet dayanıklılık dirençleri % 97.67-95.26 arasında değişim göstermektedir. 2017 yılında çeşitlerin pelet dayanıklılık dirençleri arasında istatistiksel bir fark görülmemiş, % 99.40-98.22 arasında değerler alınmıştır. İki yılın birleşik varyans sonuçlarına göre; en dayanıklı çeşit PHS 12-10 (% 97.94) olurken, en düşük dirençli çeşit Theis (% 97.04) olmuştur. Bu özellik TS EN ISO 17225-6 Avrupa standardı, peletlerin mekanik dayanıklılık (DU) testi için kullanılmaktadır ve bu değer A sınıf yakıtlar için % DU97.5≥97.5 ve B sınıfı yakıtlar için de % DU96.0≥96.0 olmalıdır. Çalışmamızın iki yılı ortak olarak değerlendirildiğinde bu standartlara uygun olduğu söylenebilir. Dağtekin ve Gürdil (2021), mandalina dallarının peletlenmesiyle ilgili yaptıkları bir çalışmada, dayanıklılık direncinin % 79.46 ile 92.14 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Bizim yapmış olduğumuz bu çalışmada ise, en düşük değer, Theis çeşidinden % 95,26 olarak elde edilmiştir. Diğer çeşitlerin dayanıklılık direncinin daha yüksek değerlerde olması, sorgum saplarından elde edilen peletlerin katı yakıt özelliklerinin daha iyi olduğunu göstermektedir. Alparlan ve Ertekin (2018) tarafından karanfil artıklarının peletlenmesiyle ilgili yapılan bir çalışmada, dayanıklılık direncinin % 94.8 ile 96.4 aralığında değiştiği görülmüştür. Dayanıklılık direnci zeytin budama artıkları

peletinde % 96,6, nar budama artıkları peletinde % 96.63 ve bağ budama artıklarının peletinde de % 91.3 olarak bulunmuştur (Koçer 2018). Başka bir çalışmada da pelet dayanıklılık direncinin buğday sapında % 95.8-98.3, sakal otunda % 96.0-97.5, mısır sapında % 96.6-98.2 ve sorgum sapında % 85.7-95.3 aralığında gerçekleştiği görülmüştür (Theerarattananoon ve ark.. 2010).

Sertlik (N)

Araştırmada incelenen çeşitlerin sertlik değerlerine ait varyans analiz sonucu uygulanan LSD testine göre oluşan gruplar ve varyasyon katsayısı (% CV) değerleri Çizelge 3' de verilmiştir. Yılların sertlik değerlerine ait varyansların homojenliği Levene homojenlik testiyle test edilmiş olup, yapılan homojenlik testinde varyansların homojen olmadığı görülmüş (Sig. 0.0022<0.05) ve birleşik varyans analizi uygulanmamıştır.

Çizelge 3 incelendiğinde çeşitlerin pelet sertlik değerleri arasındaki farklılıklar 2016-2017 yıllarında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. 2016 yılında pelet sertlik değerleri 4911-2359 N arasında değişmektedir. En yüksek pelet sertlik değeri Top 76-6 (4910 N) çeşidinden alınırken en düşük değer ise Theis (2359 N) çeşidinden alınmıştır. Urja çeşidinde peletler uygulanan kuvvet karşısında ezildiği için sonuç alınamamıştır. 2017 yılına bakıldığında en yüksek pelet sertlik değeri Theis (2540 N) çeşidinden, en düşük değer ise PHS 12-10 (739 N) çeşidinden alınmıştır. PHS 12-10 çeşidinde sonuçların düşük çıkması bazı örneklerde ezilme meydana

gelmesinden kaynaklanmaktadır. Dale (1802 N) ve Top 76-6 (2035 N) aynı istatistiki grupta yer alırken Urja (2253 N) ve M 81E (2134) çeşitleri de aynı grupta yer almaktadır.

Pelet sertliği olarak, zeytin budama artığı peletinde 594 N, nar budama artığı peletinde 490 N ve bağ budama artığı peletinde de 508 N, olarak bulunmuştur (Koçer 2018). Bergström ve ark. (2008), yaptıkları bir çalışmada farklı biyokütle peletleri için belirlenen özgül basınç direnci değerlerinin 40.1 ile 61.2 N.mm⁻¹ arasında olduğunu bildirmişlerdir. Pelet sertliği, kırılmadan önceki uygulanan maksimum yük olarak tanımlanmaktadır. Bu test taşıma ve depolama sırasında üstteki peletlerin alttaki peletlere uyguladıkları basınçları hesaplamak için yapılmaktadır. En yüksek sertliğe sahip olan pelet en kaliteli pelet olarak değerlendirilmektedir (Celma ve ark., 2012).

Nem alma direnci (%)

Peletlerin nem alma dirençleri pelet ağırlığındaki değişim yoluyla belirlemiştir (Liu ve ark., 2013). Şanlıurfa koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen tatlı sorgum çeşitlerinden elde edilen peletlerin nem alma dirençlerine ait varyans analiz sonucu uygulanan LSD testine göre oluşan gruplar, birleştirilmiş varyans analiz sonucu oluşan gruplar ve varyasyon katsayısı (% CV) değerleri Çizelge 3' de verilmiştir. Nem alma dirençlerine ait varyansların homojenliği Levene homojenlik testiyle test edilmiş olup, yapılan homojenlik testinde varyansların homojen olduğu görülmüş (Sig. 0.22>0.05) ve birleşik varyans analizi uygulanmıştır. Çizelge 3' e göre çeşitler arasındaki farklılıklar, peletlerin nem alma dirençleri bakımından 2016 yılında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. 2017 yılıyla birlikte, yılların birleşik varyans analiz sonuçlarına göre ise çeşitler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Alparslan ve Ertekin (2018) tarafından karanfil artıklarının peletlenmesiyle ilgili yapılan bir çalışmada, nem alma direnci % 18.5 ile 20.0 aralığında değişmiştir. Yapılan başka bir çalışmada da pelet nem alma direnci, zeytin budama artıkları peletinde % 14.28, nar budama artıkları peletinde % 10.37 ve bağ budama artıklarında da % 12.46 bulunmuştur (Koçer 2018). Çizelge 3 incelendiğinde 2016 yılında peletlerin nem alma dirençleri % 9.62-7.63 arasında değişmektedir. En yüksek nem alma direncine Dale (% 9.62) çeşidi sahip olurken, en düşük nem alma direncine ise PHS 12-10 (% 7.63) çeşidi sahip olmuştur. 2017 yılında çeşitler arasındaki fark önemli çıkmamakla birlikte çeşitlerin nem alma dirençleri % 13.68-10.17 arasında değişiklik göstermiştir. İki yılın birleşik varyans analizleri

sonuçlarına göre çeşitler arasında fark görülmemiş, çeşitlerin nem alma dirençleri % 11.31-9.66 arasında değişmiştir.

Sonuç olarak, biyokütle, dünyada dördüncü en büyük enerji kaynağını oluşturulması yönüyle önemli bir enerji kaynağıdır. Birçok gelişmiş ülke biyoenerjiye geleceğin temel enerji kaynağı olarak görmektedir. Isınma amaçlı yaygın olarak kullanılan kaynaklardan biri de peletlerdir. Pelet, yakıt olarak her türlü odun, odun artığı, orman artığı, tarımsal artık, endüstriyel atıkların kurutulup öğütülerek daha sonra yüksek basınçla preslenerek sıkıştırılması suretiyle yoğunluğu arttırılarak enerji üretmek amacıyla kullanılan küçük parçalardır. Pek çok ülke kendi ekosistemlerine elverişli olan tarımsal ürünlerden alternatif enerji elde etmektedir. Enerjide büyük oranda dışa bağımlı olan ülkemizin enerji arzındaki süreklilik için kaynaklar ile güven altına alınabilir. Biyokütle düşük yoğunluğa sahip olduğundan taşınmasında ve depolama sırasında çok fazla yer kaplamaktadır. Peletleme işlemi ile bu olumsuzluklar giderilerek depolama maliyeti azaltılır. Biyokütleden pelet üretiminin en önemli faydası çevre kirliliğinin, çevrenin zarar görmesinin ve sera gazları emisyonunun azalması, doğal kaynakların korunması ve fosil yakıtlarının tüketiminin azaltılmasıdır. Bu temel faydalarla birlikte, ithal yakıt tüketiminde azalma ile çevre kirliliğinin azalması, ekonomik fayda, bölgesel gelişme ve yatırım artışı sağlanabilir.

Şanlıurfa şartlarında ikinci ürün olarak yürütülen bu çalışmada altı tatlı sorgum (Dale, M81-E, PHS 12-10, Urja, Top 76-6, Theis) çeşidi kullanılmıştır. Saplarının suyu sıkılarak alınmış ve posasından katı yakıt olarak pelet elde edilmiştir. Materyaller herhangi bir yapıstırıcıya gerek kalmadan peletlenmiştir. Peletlerde ısı değer (kcal kg⁻¹), nem miktarı (%), kül miktarı (%), pelet dayanıklılık direnci (%), nem alma direnci (%), pelet sertliği (N), elementel analiz değerleri (%) ve pelet yığın yoğunluğu (kg m⁻³) gibi özellikler incelenmiştir. İncelenen bu çeşitlerin saplarından elde edilen peletlerin AB standartlarına kabul edilen TS EN ISO 17225-6 (2014) "Katı biyoyakıtlar - Bölüm 6: Sınıflandırılmış ahşap olmayan peletler" standartlarına uygun oldukları belirlenmiştir. Tatlı sorgum saplarından elde edilen bu peletlerin, kömürün kullanıldığı her yerde alternatif yakıt olarak rahatlıkla kullanılabilmesi söylenebilir. Zira ısınmada kullandığımız yerli linyitlerimizin ısı değerinin % 90'ının 3000 kcal kg⁻¹ altında olduğu düşünüldüğünde, tarımsal artıklardan, özellikle de tatlı sorgum artıklarından elde edilen peletlerin ne kadar önemli bir yakıt olacağı açıkça ortadadır. Ancak bu çalışmada ekonomik analiz yapılmadığı için, daha ekonomik bir yakıt olacağı

rakamsal olarak söylenemez. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda ekonomik analizlerinin yapılarak rakamlarla ortaya konulmasında yarar vardır.

Bölge halkının kalkındırılması, kaynakların yerinde değerlendirilmesi ve farkındalık yaratma çerçevesinde; her türlü tarımsal artıkların tarlada bırakılmasının önüne geçilerek bunların değerlendirilmesi sağlanabilir. Tarımsal biyokütle peleti üretiminin rasyonel hale getirilmesi ile bazı bölgelerimizde değişik kapasitelerde çalışan tesislerin kurulmasına imkân sağlanabilir. Ülkemizde oldukça bol miktarda bulunan, çeşitliliğe sahip olan, halen düzenli kullanım ve değerlendirme imkânı olmadığı için problem oluşturan biyoyakıt kaynakları; özellikle de tarımsal artıklar, modern yakıt pelet haline getirilerek hem ülke ekonomisine kazandırılabilir hem de çevre kirliliğine çözüm getirilebilir.

ÖZET

Amaç: Ülkemizde yetiştiriciliği yapılmayan fakat ülkemizin ekolojik koşullarına uyum sağlayabileceği düşünülen alternatif enerji bitkilerinin de üretim desenine alınmasıdır. Temelde bir şeker bitkisi olmasının yanında gıda, yem, lif, enerji, biyoyakıt olarak geniş bir kullanım alanına tatlı sorgum bitkisinin, yüksek şeker oranına sahip özsuundan biyoetanol ve özsu alandıktan sonra kalan posa kısmı ise katı biyoyakıt üretiminde değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Yöntem ve Bulgular: Şanlıurfa ekolojik şartlarında 2016 ve 2017 yıllarında ikinci ürün olarak yürütülen bu çalışmada altı tatlı sorgum (Dale, M81-E, PHS 12-10, Urja, Top 76-6, Theis) çeşidi kullanılmıştır. Bu çeşitlerin özsu alınıp saplarından pelet üretimi yapılmış ve kalite özellikleri (ısı değeri (kcal kg⁻¹), nem miktarı (%), kül miktarı (%), pelet dayanıklılık direnci (%), nem alma direnci (%), pelet sertliği (N), elementel analiz değerleri (%) ve pelet yığın yoğunluğu (kg m⁻³)) incelenmiştir.

Genel Yorum: Suyu alınmış tatlı sorgum posasından herhangi bir yapıştırıcıya gerek kalmadan katı biyoyakıt (pelet) üretimi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada elde edilen peletlerde en yüksek üst ısı değeri Theis (4412-4364 kcal kg⁻¹) çeşidinden, en düşük üst ısı değeri ise PHS 12-10 (4226 kcal kg⁻¹) ve Urja (4287 kcal kg⁻¹) çeşitlerinden elde edilmiştir.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Çalışma sonucunda incelenen bu çeşitlerin saplarından elde edilen peletlerin, standartlara uygun oldukları belirlenmiştir. Tatlı sorgum saplarından elde edilen bu peletlerin, kömürün kullanıldığı her yerde alternatif yakıt olarak

rahatlıkla kullanılabileceği görülmüştür. Ülkemizde oldukça bol miktarda bulunan, düzenli kullanım ve değerlendirme imkânı olmadığı için problem oluşturan tarımsal artıklar, modern yakıt, pelet, haline getirilerek hem ülke ekonomisine kazandırılabilir hem de çevre kirliliğine çözüm getirilebilir.

Anahtar Kelimeler: Tatlı sorgum, yenilenebilir enerji, pelet, katı biyoyakıt.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazarlar çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

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, Türkiye. s. 637-640.
- Alparslan S, Ertekin C (2018) Karanfil bitkisi biyokütle artıklarının peletlenmesinde parça boyutunun etkisi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi 14(1): 7-13.
- Anonim (2003) 2002 Su yılı hidrometeorolojik rasat verileri. Şanlıurfa-Harran Ovası, Köy Hizmetleri Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları.
- Anonim (2018) <https://afdc.energy.gov/> (Erişim Tarihi: 09.09.2018).
- Antonopoulou G, Gavala HN, Skiadas IV, Angelopoulos K, Lyberatos G (2008) Biofuels generation from sweet sorghum: Fermentative hydrogen production and anaerobic digestion of the remaining biomass. *Bioresour. Technol.* 99: 110-119.
- Atalay I, Mortan K (2006) Türkiye Bölgesel Coğrafyası. İnkılap Kitabevi, 3. Baskı, Ankara, 620s.
- Balat M, Balat H, Öz C (2008) Progress in bioethanol processing. *Prog. Energy Combust. Sci.* 34: 551-573.
- Bergström D, Israelson S, Öhman M, Dahlqvist S, Gref R, Boman C, Wästerlund I (2008) Effects of raw material particle size distribution on the characteristics of scots pine sawdust fuel pellets. *Fuel Process. Technol.* 89: 1324-1329.
- Celma AR, Cuadros F, Rodriguez FL (2012) Characterization of pellets from industrial tomato residues. *Food Bioprod. Process.* 90: 700-706.

- Claassen PAM, De Vrije T, Budde MAW (2004) Biological hydrogen production from sweet sorghum by thermophilic bacteria. 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, May 10-14, Rome, Italy. pp 1522-1525.
- Çubuk MH, Heperkan HA (1998) Orhaneli linyiti-biyokütle karışımının akışkan yatakta yakılmasında kirletici emisyonların incelenmesi ve çevreye etkileri. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bil. Ens., Makine Mühendisliği ABD, 126 s. Dağtekin M, Gürdil GAK (2021) Pelleting pruning residues of mandarin for bio-energy. MKU. Tar. Bil. Derg. 26(1): 75-81. DOI: 10.37908/mkutbd.785095
- Dinç U, Şenol S, Sayın M, Kapur S, Güzel N (1988) Güneydoğu Anadolu Bölgesi Toprakları (GAT). I. Harran Ovası, TÜBİTAK, Tarım Ormanlık Araştırma Grubu Gündümlü Araştırma Projesi kesin sonuç raporu, TOAG – 534, Adana.
- Dok M, Acar M, Çelik AE, Atagün G, Akbaş U (2019) Briquetting of corn stalk as a renewable energy source and determination of physical properties of briquettes. MKU. Tar. Bil. Derg. 24(Special issue): 61-70.
- Eren Ö (2011) Çukurova bölgesinde tatlı sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) üretiminde yaşam döngüsü enerji ve çevresel etki analizi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, 1-196.
- Ferreira İR, Santos R, Castro AR, Carneiro CO, Castro AF, Santos CPS, Costa SEL, Mairinck K (2019) Sorghum (*Sorghum bicolor*) pellet production and characterization. Floresta e Ambiente 26(3), Seropédica.
- Geren H, Avcıoğlu R, Kavut YT, Sakinoğlu OÇ, Öztarhan H (2011) İkinci ürün olarak yetiştirilen şeker darısının (*Sorghum bicolor* (L.) Moench var. *Saccharatum*) verim ve verimle ilgili diğer bazı özellikleri üzerinde bir ön araştırma, Türkiye IV. Tohumculuk Kongresi, 14-17 Haziran, Samsun, 2: 525-530.
- Girgin VÇ (2012) Bornova koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen tatlı sorgum (*sorghum bicolor* L.)' da farklı azot dozlarının bazı tarımsal ve teknolojik özelliklere etkisi üzerinde araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 1-42.
- Guiying L, Weibin G, Hicks A, Chapman KR (2003) A training manual for sweet sorghum. FAO-TCP/CPR/0066, 1-73. <http://ecoport.org/ep?SearchType=earticleView&articleId=172&page=-2> (Erişim Tarihi: 31.10.2013).
- Ivanova T, Muntean A, IHavrland B, Hutla P (2018) Quality assessment of solid biofuel made of sweet sorghum biomass. BIO Web of Conferences, 10, 02007. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20181002007>
- Karaca C, Başçetinçelik A (2014) Defne yaprağının briketleme ve yanma özellikleri. Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlar 4. Ulusal Çalıştayı, 28-29 Mayıs 2014, Samsun, 131-138.
- Karaca C (2019) Agricultural residues potential of Hatay. MKU. Tar. Bil. Derg. 24(Special issue): 9-15.
- Karayılmazlar S, Saraçoğlu N, Çabuk Y, Kurt R (2011) Biyokütlenin Türkiye'de enerji üretiminde değerlendirilmesi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi 13(19): 63-75.
- Koçer A (2018) Budama artıklarının peletlenmesi, peletleme parametrelerinin belirlenmesi ve yanma sonucu gaz emisyonlarının ölçülmesi. Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı, Ocak 2018, Antalya.
- Köppen S, Reinhardt G, Gartner S (2009) Assessment of energy and greenhouse gas inventories of Sweet Sorghum for first and second generation bioethanol. Environment and Natural Resources Management series, 30, FAO, Rome, pp 1-86.
- Liu X, Liu Z, Fei B, Cai Z, Jiang Z, Liu X (2013) Comparative properties bamboo, rice straw pellets. BioResource 8(1): 638-647.
- Mutlu, N., Tolay, M., Karaca, C., Öztürk, H.H. (2019). Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) Bölgesinin tarımsal biyokütle potansiyeli. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi 15(3): 77-81.
- Plistil D, Brozek M, Malatak J, Roy A, Hutla P (2005) Mechanical characteristics of standard fuel briquettes on biomass basis. Res. Agr. Eng. 51(2): 66-72.
- Reddy BVS, Sanjana RP (2003) Sweet sorghum: characteristics and potential. International Sorghum and Millets Newsletter 44: 26-28.
- Theerarattananoona K, Xua F, Wilsonb J, Ballardc R, Mckinney L, Staggenborgc S, Vadlani P, Pei ZJ, Wang D (2010) Physical properties of pellets made from sorghum stalk, corn stover, wheat straw, and big bluestem. Ind. Crops Prod. 33: 325-332.
- TS EN ISO 17225-6 (2014) Katı biyoyakıtlar - Yakıt özellikleri ve sınıfları-Bölüm 6: Sınıflandırılmış ahşap olmayan peletler. (EN ISO 17225-6:2014)

Yaşar B (2009) Alternatif enerji kaynağı olarak biyodizel üretim ve kullanım olanaklarının Türkiye tarımı ve AB uyum süreci açısından değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, , 1- 210s.

Yılmaz O., H. Hotunluoğlu, 2015 Yenilenebilir enerjiye yönelik teşvikler ve Türkiye. Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Yıl: 2, Sayı: 2 (Sf. 74-97).