

Bölüm 4

BIYOPELET VE STANDART PARAMETRELERİ

Serdar ÜÇÖK¹

GİRİŞ

Gelişen teknoloji, dünya nüfus yoğunluğu ve sanayileşmenin artmasıyla enerji gereksinimine gün geçtikçe talep artmıştır. Dünya genelinde her geçen yıl enerji ihtiyacı %4-5 arasında artmaktadır. Artan enerji ihtiyacını karşılamak için fosil enerji kullanılması rezervleri hızlı bir şekilde azaltmaktadır. Bu tablo içerisinde tahmini 50 yıl içinde petrol rezervlerinin büyük oranda biteceği öngörülmektedir (1). Yapılan tahminlere göre 2030 yılında dünya nüfusunun 8 milyar kişi olacağı kişi başına düşen ortalama enerji ihtiyacının 16 kW_{yıl}⁻¹ olacağı düşünülmektedir. Ayrıca fosil enerji kullanımının artmasıyla beraber sera gazı salınımında çevreye büyük oranda zarar vereceği bilinmektedir.

Enerji ve çevre sorunlarına karşı sürdürülebilirlik ilkesi bakımından ele alındığında yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek insanoğlu açısından hayati önem taşımaktadır (2). Yenilenebilir enerjiler; güneş, rüzgar, biyokütle, jeotermal, dalga enerjisi gibi doğada kendiliğinden var olan kaynaklardan elde edilmektedir (3). Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde biyokütle çevre dostu ve enerji verimliliği açısından önemli yer tutmaktadır. Biyokütle, biyolojik kökenli fosil olmayan organik madde kütesidir. Kaynağı tarım ve orman ürünleri, bitkisel artıklar, hayvansal atıklar deniz bitkileri, endüstriyel ve evsel atıklar olan biyokütle, ekonomik ihtiyaçlara cevap verebilen, çevre dostu, yenilenebilir ve yerel bir enerji kaynağıdır (4,5,6). Biyokütleden biyoetanol, biyogaz, biyodizel, biyopelet, odun briketi ve birçok yakıt türü elde edilmektedir (7). Biyokütle içerisinde biyopelet üretimi, atıkların enerji üretmek amacıyla kullanımı, atık sorununa çözüm olması, çevreye zarar veren zararlı gaz ve koku oluşumunu bertaraf etmesi bakımından önemli yer tutmaktadır (8).

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, sucok@ksu.edu.tr

Bu araştırmada biyopelet üretim, kullanımı ve biyopelet fiziksel, mekanik ve kimyasal standart parametreleri detaylı bir şekilde verilmiştir.

Biyopelet

Pelet üretimi, biyokütlenin kurutulup, öğütülmesinin ardından parçacıklar arasındaki nem miktarını belli nem değerine getirilmesinden sonra düz çember kalıplı preslerin (Şekil 1) basıncı ile 6-12 mm çapında, 10-30 mm uzunluğuna getirilmesiyle oluşturulan katı yakıtta pelet denilmektedir (9,10).



Şekil 1. Düz çember kalıplı pres

Pelet bazı bitkisel olan odun, ağaç kabuğuş, fındık, ceviz kabuğuş, mısır koçanı, zeytin küspesi (Şekil 2) ve endüstriyel atıklardan elde edilmektedir.



Şekil 2. Zeytin Küspesi pelet görünümü

Peletleme işleminde nem değerinin ayarlanması için su konulmakta, bağlayıcı ve tutuculuk oranı artması için şeker pancarı melası ve nişasta gibi farklı materyaller kullanılmaktadır. Peletleme işlemi sayesinde organik materyallerin yoğunluğu, hacimsel ısı oranı artmakla, taşıma ve depolama maliyetleri, atmosfere verilen partikül emisyonları azalmaktadır. Sobalarda kolay yanabilen aynı boyut ve uzunlukta iyi bir biyoyakıt elde edilmektedir (9,10). Peletlerin biyoyakıt olarak kullanımında boyutları çok önem taşımaktadır. İnce peletler küçük kapasiteli yakma sistemlerinde verimli yanma sağlar iken, kısa boyutlu peletler ise yakıt besleme sistemlerinde iyi ve etkili akış oluşturmaktadır. Pelet yoğunluk oranının iyi olması peletlerin depolama, taşıma ve nakliye giderlerini azaltmaktadır (11,12,13). Pelet dayanıklılığı son kullanacak olan kişiye gelene kadar dayanımı yüksek olması önemli olduğundan, dayanım oranın % 80 ve üzeri olması gerekmektedir (14, 15). Ayrıca peletin yakıt olarak kullanılması ile diğer fosil yakıtlara oranla 4 kat daha az CO₂ oluşturması, sera gazı salınımını azaltmakta ve çevreye daha çok yararlı olmaktadır. (16). Pelet üretimi ile enerji üretiminde yakıt taşıma ve depolama masrafları azaldığı gibi enerji ve çevre sorunlarının da azaltılması bakımından önem arz etmektedir. Pelet üretiminin kalitesini ve standartlarını ortaya koymak için peletlerin fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerini belirlenmektedir.

Biyopelet Fiziksel ve Mekanik Parametreleri

Pelet fiziksel ve kimyasal parametreleri, pelet parça yoğunluğu, pelet yığın yoğunluğu, kırılma direnci, dayanıklılık direnci, sıkıştırma direnci, nem alma direnci su alma direnci ve materyal tane boyut dağılımı parametrelerinden oluşmaktadır. Parametreleri belirleme yöntemleri sırasıyla aşağıda açıklanmıştır.

Pelet Parça Yoğunluğu

Pelet parça yoğunluğu, EN 16127 (2012) (17) standardına göre bulunmaktadır. Pelet parça yoğunluğu, üretilen peletler içerisinde rastgele 40 adet alınır. Bu peletlerin çapları 0.01 mm hassasiyetli kumpasla, ağırlıkları ise hassas teraziye tartma işlemi ile belirlenmektedir. Pelet parça yoğunluğu değeri kgm⁻³ cinsinden hesaplanmaktadır (18).

Pelet parça yoğunluğunun hesaplanmasında Eşitlik 1 ve Eşitlik 2 kullanılmaktadır.

$$V_u = \frac{\pi d^2 l}{4} \quad (1)$$

$$P_u = \frac{M_u}{V_u} \quad (2)$$

Burada;

V_u : Tek pelet hacmi (m^3)

d : Pelet çapı (m)

l : Pelet uzunluğu (m)

M_u : Pelet ağırlığı (kg)

P_u : Pelet parça yoğunluğu ($kg\ m^{-3}$)'dur.



Şekil 3. Dijital kumpas

Pelet Yığın Yoğunluğu

Peletlerin yığın yoğunluğu EN 15103 (2009) (19) standardına göre belirlenmektedir. 5 L hacmindeki silindirik kap içerisine peletler konulduktan sonra 20-30 cm yükseklikten doldurma işlemi yapıp 3 kez ortalama 15 cm yükseklikten serbest halde zemine bırakılmaktadır. Bu işlem sonrası bir çubuk ile kabın üst kısmında bulunan peletler kabın dışına düşmektedir. Pelet yığın yoğunluğu pelet kütlesinin hacmine oranı ile $kg\ m^{-3}$ olarak belirlenmektedir (19).

Pelet Kırılma Direnci

Pelet kırılma direnci, üretilen peletlerden rastgele 4 adeti seçilir ve bu peletlerin ağırlıkları belirlenir. Seçilen peletler, 80 cm yükseklikten 4 defa sert zemine

bırakılıp ardından 3.15 mm delik çapına sahip elekte eleme yapılarak yeniden ağırlıkları ölçülür. Elek sonrası pelet ağırlığının, pelet ilk ağırlığın oranlanması ile kırılma direnci % olarak belirlenmektedir (20,21,22).

Pelet Dayanıklılık Direncinin Belirlenmesi

Peletlerin dayanıklılık direnci EN 15210-1 (2009) (23) ve ASAE S269.4 DEC96 (24) standartlarına uygun yapılan test düzeneği ile belirlenmektedir. Üretilen peletler 3.15 mm çaplı silindirik geçirilip ardından elekte kalan 500 ± 10 g peletler ve 10 dakika süreyle test düzeneğinde döndürülmektedir. Test sonrası alınan örnekler yeniden 3.15 mm çaplı elekten geçirilmektedir. Pelet dayanıklılık direnci test öncesi ve sonrası ağırlıkların oranı ile (%) olarak belirlenmektedir (24).

Pelet Sıkıştırma Direnci

Pelet sıkıştırma direnci, üretilen peletin kırılması ya da parçalanması olmadan dayanabileceği veya taşıyabileceği maksimum kırılma yükü olarak belirtilmektedir (25). Üretilen peletlerin içinden rastgele olarak 6 adeti seçilir. Seçilen peletler, standart test makinesinde yatay veya dikey sıkıştırma işlemi yapılır ve sıkıştırma kuvveti N olarak belirlenir. Peletlerin yatay sıkıştırma direnci, özgül basınç direncinin pelet uzunluğuna oranlanması ile $N \text{ mm}^{-1}$ cinsinden ve dikey sıkıştırma direnci ise, pelet çapı ve uzunluğunun pelet yüzey alanının yarısına uygulanan basınç olarak Eşitlik 3'den hesaplanır (14,26,27).

$$\sigma_x = \frac{2F}{\pi dl} \quad (3)$$

Burada:

σ_x :Dikey sıkıştırma direnci (N)

F :Uygulanan maksimum kırılma kuvveti (N)

D :Pelet çapı (m)

L :Pelet boyu (m)'dur.



Şekil 4. Sıkıştırma ünitesi

Pelet Nem Alma Direnci

Pelet nem alma direnci için, pelet ilk olarak etüvde 105°C sıcaklıkta 24 saat bekletilerek ilk ağırlıkları ölçülür ve bu işlem sonrası 27°C sıcaklık % 90 nem içeriğine sahip iklimlendirme test kabiniinde 24 saat bekletildikten sonra ağırlığı yeniden ölçülür. Pelet nem alma direnci, Eşitlik 4 yardımıyla % olarak belirlenir (28).

$$Pa = \frac{(mf - mi)}{mi} \times 100 \quad (4)$$

Burada;

Pa :Nem alma direnci (%)

mf :Peletlerin son ağırlıkları (g)

mi :Peletlerin ilk ağırlıkları (g)'dır.

Pelet Su Alma Direncinin Belirlenmesi

Pelet su alma direnci, suya batırılan pelet örneğinin suya batırılır ve tuttuğu suyun yüzde (%) değeridir (29). Pelet örneği ilk olarak başlangıç ağırlığı belirlenir, daha sonra 25 mm derinlikte su dolu beher içerisine 2 dakika daldırılıp bekletildikten sonra tekrardan son ağırlığı tartılır ve Eşitlik 5 yardımıyla pelet su alma direnci hesaplanır (29,30).

$$SA = \left[1 - \left(\frac{Msa - Mk}{Mk} \right) \right] * 100 \quad (5)$$

Eşitlikte;

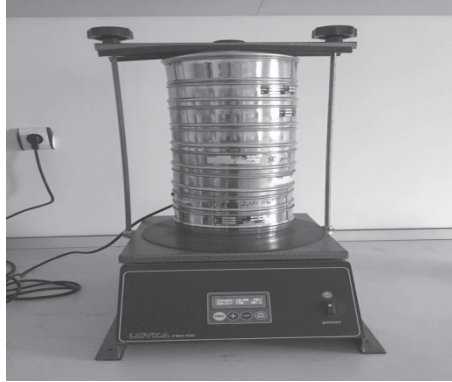
SA : Seletin su alma direnci (%)

Msa : Su tutan pelet ağırlığı (kg)

Mk : Kuru pelet ağırlığı (kg)

Pelet Materyal Tane Boyut Dağılımı

Pelet yapımına başlamadan önce, pelet yapımında kullanılacak organik maddelerin tane boyut dağılımının belirlenmesi elek analizi ile yapılmaktadır. Farklı boyutlardaki elek sistemine en üst kısmında bulunan 1.2 mm çaplı elekten başlayacak biçimde 100 gr materyal konular ve 10 dakika boyunca titreşim uygulanır. Test sonrası her bir elekte kalan materyal tartılarak toplam materyale oranlanması ile belirlenir (30).



Şekil 5. Elek analiz seti

Biyopelet Kimyasal Parametreler

Pelet kimyasal parametreleri, uçucu madde içeriği, sabit karbon, üst ısıl değeri, toplam karbon (C) ve azot (N) içeriği, kül içeriği, pelet termogravimetrisi, nem içeriği, ısıl değeri ve pelet baca gazı emisyonu parametrelerinden oluşmakta olup sırasıyla aşağıda belirleme yöntemleri açıklanmıştır.

Pelet Uçucu Madde İçeriği Analizi

Pelet uçucu madde içeriği, ISO 562, 2010 standardına göre belirlenmektedir (31). Pelet yapımında kullanılan organik materyal önce kütlesi ölçülür. Sonra organik materyal porselen kroze konularak 900°C sıcaklıkta 7 dk fırınında kül oluncaya kadar bekletilir ve ağırlığı ölçülür. Pelet uçucu madde içeriği Eşitlik 6 ile hesaplanır (32).

$$UCMO(\%) = \frac{\text{ÖKMY}}{\text{SKMK}} \quad (6)$$

Eşitlikte;

UCMO: Uçucu madde oran (%)

ÖKMY: Yakma öncesi kuru madde kütlesi (g)

SKMK: Yakma sonrası oluşan madde kütlesi (g)

Pelet Sabit Karbon İçeriği (Fixed Carbon)

Sabit karbon içeriği, ASTM D 3172 standardına göre hesaplanıp Eşitlik 7 ile belirlenmektedir (35).

$$FC=100-M-VC-ac \quad (7)$$

Burada;

M : Nem içeriği (%)

FC:Sabit karbon içeriği (%)

VC:Uçucu madde içeriği(%)

ac :Kül içeriği (%)’dir.

Pelet Üst Isıl Değeri

Peletlerin üst ısıl değeri, Eşitlik 8 yardımıyla hesaplanmaktadır (33).

$$HHV=0.312FC+0.1534VC \quad (8)$$

Burada;

HHV:Üst ısıl değeri (MJ/kg)

FC :Sabit karbon içeriği (%)

VC :Uçucu madde içeriği (%)

Pelet Toplam Karbon (C) ve Azot (N) İçeriği

Toplam karbon ve azot içeriği analizleri, AOAC (1990) (34) standardına uygun olarak belirlenmektedir.

Pelet Kül İçeriği

Pelet kül içeriği ISO 1171 standartına göre pelet yapımında kullanılan materyallerin ve peletlerin örneklerinin, kül fırınında 900°C sıcaklıkta ve 210 dk süre Eşitlik 9 kullanılarak hesaplanmaktadır (30).

$$\%Kül = \frac{Kroze+Kül \text{ ağırlığı}-Kroze \text{ ağırlığı}}{Kuru \text{ örnek ağırlığı}} * 100 \quad (9)$$

Termogravimetrik Analiz

Peletlere ait yanma karakteristikleri termogravimetrik analiz ile belirlenmektedir Materyal termal analizleri azot atmosferinde oluşturulmuştur. Öğütme sonrası toz haline getirilen materyaller porselen krozelere konularak 30-920 °C’ye

kadar her bir 10 °C/dk'lık yakma oranında analizler yapılmakta ve bilgisayara anlık olarak aktarılmaktadır. Analiz sonrası diferansiyel termogravimetrik analiz (DTGA) ve termogravimetrik analiz (TGA) sonuçları grafik olarak oluşturulmaktadır. TGA ve DTGA eğrilerinin yardımıyla peletlere ait kütle kayıp oranları, başlangıç bozunma sıcaklığı, maksimum bozunma sıcaklığı ve son bozunma sıcaklığı belirlenmektedir (35).



Şekil 6. Porselen kroze ve kül fırını

Pelet Nem İçeriği

Pelet nem içerikleri ASTM D 3173 standartına göre belirlenmektedir. Pelet örnekleri 105°C sıcaklıkta ve 2 saat süre ile etüvde bekletilmesinden sonra yağ bazda yüzde olarak Eşitlik 10 ile hesaplanmaktadır (18).

$$M = \frac{mp2 - mp3}{mp2 - mp1} * 100 \quad (10)$$

Burada

M :Nem içeriği (%)

mp1 :Boş kroze ağırlığı (g)

mp2 :Kurutma öncesine pelet ve kroze ağırlığı (g)

mp3 :Kurutma sonrası pelet ve kroze ağırlığı (g)'dir.



Şekil 7. Etüv

Isıl Değerin Belirlenmesi

Pelet ısıl değerlerinin belirlenmesi EN 14918 (2009) standardına göre IKA C200 kalorimetre ve IKA C240 O₂ dolum cihazı ile yapılabilmektedir. Peletler ilk olarak öğütme ile 1mm çapına sahip elekten geçirilerek öğütülmektedir. Öğütme sonrası nem içeriğini düşürmek için 24 saat süre ile 105 °C'de kurutma fırınında bekletilmektedir. Kurutma fırını sonrası alınan örnekler kalorimetre cihazının yakıt bombasında oksijen ile yakılarak ısıl değer cihaz tarafından cal g⁻¹ cinsinden belirlenerek ve yanma verimi (Eşitlik 11) anlık olarak bilgisayara aktarılmaktadır (30).

$$\text{Wyanma} = \frac{Q}{HV} \quad (11)$$

Burada;

Wyanma: Yanma verimi

Q: Yanma esnasında oluşan ısı (kW)

HV: Yanan yakıtın ısıl değeri (kW)

Pelet Baca Gazı Emisyon Değerleri

Hazırlanan pelet örnekleri 3 farklı üfleme hızına ve 6 mm çapa kadar peletleri yakacak olan tasarlanmış pelet sobalarında yaklaşık yarım saat yakılıp emisyon değerlerini (O₂, CO, SO₂, NO_x, H₂S) elektrokimyasal baca gazı sensörü ile belirlenmektedir (30).

SONUÇ

Biyokütle içerisinde biyopelet üretimi, atıkların enerji üretmek amacıyla kullanımı, atık sorununa çözüm olması ve çevreye zarar veren zararlı gaz ile koku oluşumunu bertaraf etmesi, biyokütle taşıma ve depolama maliyetlerinin düşürülmesi, sera gazı emisyon değerlerinin düşürülmesi bakımından ve organik materyallerin yakıt olarak değerlendirilerek atmosferin fosil kaynak kirletici alımının azaltılıp ekonomik katkı sağlanması ve dışa bağımlılığın azaltılmasına yarar sağlamakta önemli yer tutmaktadır. Peletlerin yakıt olarak kullanılmasında enerji ve yanma değerlerin artırılması, taşıma ve depolama için yoğunluk, direnç ve dayanımlarının artırılması, emisyon değerlerinin sera etkisi azalmasına uygunluğu, pelet yapımında nem değerlerinin uygun hale getirilmesi için kaliteli ve standartlara uygun pelet üretiminde pelet parametre değerleri önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

1. Şenpınar, A., Gençoğlu M. T., Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevresel Etkileri Açısından Karşılaştırılması. Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları. 2006, 4(2), 49-54.
2. Dağtekin, M., Aybek, A., Üçok S., Beyaz, A., The Effect of Adding Corn sSlage at Different Ratios to Orange and Tangerine Wastes on Biogas Production Efficiency. Journal of Agricultural Sciences, 2018, 24(4), 531-538 pp.
3. Aybek, A., Üçok, S., Determination and Evaluation of Biogas and Methane Productions of Vegetable and Fruit Wastes with Hohenheim Batch Test method. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 2017, 10(4), 207-215 pp.
4. Üçok, S., Aybek, A., Büyükbaş Hayvan Dışkısı ve Makroalg (*Cladophora sp.*)'den Biyogaz Üretimi. Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 2021, 26(2), 238-248 pp.
5. Acaroğlu, M., Alternatif Enerji Kaynakları. Nobel Yayın Dağıtım, NobelBasımevi, 2007, 1253, 609 syf, Ankara.
6. Öztürk H H., Renewable Energy Source and Usage. Teknik Publisher, Ankara, 2008.
7. Aybek, A., Üçok, S., İspir, M. A., Bilgili, M. E., Türkiye'de Kullanılabilir Hayvansal Gübre ve Tahıl Sap Atıklarının Biyogaz ve Enerji Potansiyelinin Belirlenerek Sayısal Haritalarının Oluşturulması. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 2015, 12(03), 111-120 pp.
8. Atay, O. A., Ekinci, K., Üçok, S., Kaçar, H., Kumbul, B.S., Aybek A., Şeftali Çekirdeği ve Linyit Kömür Tozundan Yapılan Peletlerin Fiziko Mekanik Özellikleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 1. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Özel Sayısı, 2018, 274-280 pp.

9. Öztürk H. H., Enerji Bitkileri ve Biyoyakıt Üretimi, Hasad Yayıncılık Ltd. Şti., İstanbul, 2012.
10. Üçok S., Biyoyakıtlar. Gece Kitaplığı Yayınevi I-87, 2021.
11. Lehtikangas, P. Quality Properties of Pelletised Sawdust, Logging Residues and Bark, Biomass and Bioenergy, 2001, 20, 351-60 pp.
12. Sokhansanj, J., Turhollow, A.F., Biomass Densification-Cubing Operations and Cost for Corn Stover, Applied Engineering in Agriculture, 2004, 20, 495-9 pp.
13. Hoover, A. N., Tumuluru J. S., Teymourı F., Moore J., Gresham G., Effect of Pelletting Process Variables on Physical Properties and Sugar Yields of Ammonia Fiber Expansion Pretreated Corn Stover, Biosoruca Technology, 2014, 164, 128-135 pp.
14. Tabil, L.G., Sokhansanj, S., Poccus Condiions Affecting the Physical Quality of Alfalfa Pellets, Applied Engineering in Agriculture, 1996, 12, 345-50 pp.
15. Tabil, L.G., Sokhansanj, S., Bulk Properties of Alfalfa Grind in Relation oo Its Compaction Characteristics, Applied Engineering in Agriculture, 1997, 13, 499-05 pp.
16. Altın V., “Enerji Sorunu ve Türkiye”, Mimar ve Mühendis Dergisi, Sayı: 33, Nisan-Mayıs-Haziran, 2004.
17. EN 16127., Solid Biofuels. Determination of Length and Diameter of Pellets, 2012.
18. Develi H.C., Aybek A., Üçok S., Pellet Production From Pistachio Shell And Olive Cake For Biofuels. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 2021, 18(4), 689-701 pp.
19. EN 15103., Solid Biofuels. Determination of Bulk Density, 2009.
20. Sah P, Singh B, Agrawal U. I Compaction Behavior of Straw. Journal of Agricultural Engineering–India, 1980, 18, 89–96 pp.
21. Shrivastava M, Shrivastava P, Khankari K. K., Densification Characteristics Ofrice Husk Under Cold and Hot Compression. In: Dodd VA, Grace PM, Editors. Agricultural Engineering: Proceedings of the 11th International Congress on Agricultural Engineering, Dublin, 4–8 September 1989. Rotterdam: A.A. Balkema Pub., 1989, p. 2441–3 pp.
22. Yılmaz H., Bazı Tarımsal Artıkların Peletlenmesi ve Pelet Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği A.B.D, 2014.
23. EN 15210-1., Solid Biofuels. Determination of Mechanical Durability of Pellets and Briquettes–Part 1: Pellets, 2009.
24. ASAE S269.4 DEC96.. Cubes, Pellets, and Crumbles—Definitions and Methods for Determining Density, Durability, and Moisture Content, 1998.
25. Kaliyan, N., and Morey, R.V., Factor Affecting Strength and Durability of Densified Biomass Products. Biomass and Bioenergy, 2009, 33: 337-359 pp.
26. Shaw, M.D., Karunakaran, C., and Tabil, L.G., Physicochemical Characteristics of Densified Untreated and Steam Exploded Poplar Wood and Wheat Straw Grinds. Biosystem Engineering, 2009, 103(2), 198-207 pp.
27. Kashaninejad, M., and Tabil, L.G., Effect of Microwave-Chemical Pre-treatment on Compression Characteristics of Biomass Grinds. Biosystem Engineering, 2011, 108(1), 36-45 pp.

28. Liu, X., Liu, Z., Fei, B., Cai, Z., Jiang, Z., and Liu, X., Comparative Properties Bamboo, Rice Straw Pellets. *Bio Resource*, 2013, 8(1), 638-647 pp.
29. Gürdil, G. A. K., & Demirel, B., Design and Construction of A Hydraulic Briquetting Machine For Hazelnut Husk Agricultural Residue. 2017, 58th Icmd, 104-109 pp.
30. Uzunoğlu, S. Kinoa ve amarant, Hasat Artıklarından Üretilen Biyoyakıt Peletlerin Yanma Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, 106 s, 2019.
31. ISO 562., International Standards, Hard Coal And Coke, Determination of Volatile Matter, 2010.
32. Başbüyük, Ü.F., Aybek, A., Üçok, S., Pamuk Çiğidi Küspesi ve Kırmızı Biber İşleme Atıklarından Biyoyakıt Amaçlı Pelet Elde Edilmesi. *ÇÜ Müh. Fak. Derg.*, 2021, 36(4), 879-890 pp.
33. Baley R. T., Blankenhorn P. R., Calorific and Porosity Development in Carbonized Wood. *Wood Sci.*, 1984, 15, 19-28 pp.
34. AOAC., Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA, 1990.
35. Atay, O. A., Yağ Gülü (Rosa Damascena Mill.) Damıtma Atıklarının Peletlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği A.B.D., 66 s, 2015.

