

Farklı Parçacık Boyutlarındaki Kivi Budama Artıklarından Elde Edilen Briketlerin Yakıt Özelliklerinin Karşılaştırılması

Mahmut DOK^{1*}, Mustafa ACAR, Ayşegül E. ÇELİK, Gülhan ATAGÜN,
Ufuk AKBAŞ

¹Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü-Samsun

*Sorumlu yazar e-posta: mahmutdok@hotmail.com

Geliş Tarihi (Received): 14.05.2018

Kabul Tarihi (Accepted): 07.11.2018

Özet: Günümüzde enerji ihtiyacının karşılanmasında genellikle fosil enerji kaynaklarından yararlanılmaktadır. Ancak, fosil enerji kaynaklarının gün geçtikçe azalması sebebiyle insanöğlü alternatif enerji kaynakları arayışı içerisine girmiştir. Bu alternatif enerji kaynaklarından günümüzde en popüler olanı tükenmez ve çevre dostu olmaları nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri de biyokütle enerjisidir ve bu kaynak içerisinde tarımsal budama artıkları önemli bir yer tutmaktadır. Kivi Türkiye’de 25 ilde yaklaşık 22.200 da alanda üretimi yapılan bir meyvedir. Bu çalışma, 2017 yılı içerisinde Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Enerji Tarımı biriminde yürütülmüştür. Kivi budama artıkları 2, 4 ve 6 mm’lik eleklerden geçirilerek parçalanmış bunlardan briket elde edilmiştir. Bu briketlerde yakıt özellikleri incelenmiş ve parçacık boyutunun tüm fiziksel özellikler yönünden önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Yenilenebilir enerji, kivi, budama artığı, briket.

Comparison of Fuel Properties of Briquettes Obtained from Different Particle Sizes Kiwi Pruning Residues

Abstract: Nowadays, fossil energy sources are generally used to meet the energy need. However, as fossil energy sources are reducing day by day, human beings have set off on a quest to find other kinds of energy supplies. Today, one of the most popular energy sources of this alternative energy is renewable energy resources which are on the grounds of being inexhaustible and environmental friendly. One of the renewable energy sources is also biomass energy and the agricultural pruning residues have an important place inside of this energy. Kiwi is a fruit of which production is about 22.200 decare area among 25 provinces in Turkey. This study was carried out in the Energy Agriculture Unit of the Black Sea Agricultural Research Institute in 2017. Kiwi pruning residues were broken up in sizes of 2, 4 and 6 mm and briquettes were obtained from them. Fuel properties of these briquettes were investigated and it was concluded that the particle size is important in terms of all physical properties.

Key words: Renewable energy, kiwi, pruning residues, briquette

GİRİŞ

Enerji kaynaklarının giderek azalması, fosil yakıtların çevre sağlığını tehdit etmesi, hava kirliliğine bağlı olarak iklim değişiklikleri ve kuraklık vb. küresel sorunlar nedeniyle alternatif enerji kaynakları bulunması zorunluluğu vardır. Bu koşullar altında Türkiye’de yaygın tarımı yapılan pamuk, ayçiçeği, tutun, haşhaş, vb. bitkilerinin yan ürünü olan sapları alternatif tarımsal artıklar arasındadır. Özellikle son dönemlerde, atıl durumda bulunan tarımsal artıkların evlerde ısınma amaçlı briket üretiminde hammadde olarak kullanılması hem laboratuvar ortamında hem de ticari olarak büyük önem kazanmıştır. Ülkemizde önemli miktarlarda tarımsal artık (herhangi bir şekilde

değerlendirilmesi yapılamayan pamuk sapı, ayçiçeği sapı, vb tarımsal artıklar) yasak olmasına rağmen her yıl tarlada yakılmakta veya evlerde yakacak olarak değerlendirilmeye çalışılmaktadır. Bu artıkların evlerde yakacak olarak değerlendirilmesini cazip hale getirmenin başlıca yolu ise bunların taşınmasını ve sobalarda yakılmasına imkân sağlayacak briketleme sistemleridir (Boztepe ve Karaca, 2009).

Kivi, 1900 yılında ilk defa Çin’in Yangtze vadisinde yaşayan yabancılar tarafından keşfedilmiştir. Bu bölgede doğal olarak yetişmektedir. 1910 yılında Yeni Zelanda’nın kuzey adaları ve California’da yetiştiriciliğine başlanmıştır. 1930’larda Yeni Zelandalılar bu kültürü

geliştirmişler, fakat California'da bu konu üzerine fazla bir ilerleme kaydedilememiştir. 1945 yılında Yeni Zelanda'nın kuzey adalarında 2. Dünya Savaşından sonra geniş ölçüde kivi üretimi yapılmaya başlanmıştır. 1960'lara kadar Yeni Zelanda bu konuda tekel olmuştur. Fakat bu tarihten sonra California'da geniş ölçüde kivi üretimi yapılmaya başlanmıştır. 1970'li yıllardan sonra Akdeniz Ülkeleri, Avustralya, Japonya; Güney Afrika Cumhuriyeti, Şili, ABD gibi ülkeler kivi yetiştirmeye başlamışlardır. Ülkemizde kivi üretimi 1988 yılında başlatılan adaptasyon deneme çalışmaları sonucunda; Karadeniz, Marmara ve Ege Bölgelerinde rahatlıkla kivi yetiştiriciliğinin yapılabileceği ortaya konmuştur. Bu bölgeler arasında Doğu Karadeniz Bölgesi'nin, bitkinin ekolojik istekleri bakımından diğer bölgelerden daha uygun olduğu görülmüştür. Bu sebepten dolayı, Karadeniz Bölgesinde kivi yetiştiriciliğinin daha ekonomik olarak yapılabileceği ortaya konmuştur. Kivi, sarılarak büyüyen, sarmaşık özellikli bir bitkidir. Sarmaşık özellikli olmasına karşılık, bunun için özel organları (sülükleri) yoktur.

FAO'nun 2014 yılı verilerine göre dünyada kivi üretimi 219.134 hektar alanda 3.447.604 ton olarak gerçekleşmiş olup; Türkiye, 2.219 hektar ile yaklaşık dünyanın %1 üretim alanı ve 31.795 ton üretim miktarı ile dünya üretiminden de yaklaşık %1 oranında pay alarak 8. Sıradadır. 2016 yılı TÜİK verilerine göre Türkiye'de 1.540.471 kivi ağacı bulunmaktadır. Bu ağaçlardan da toplam 43.950 ton ürün elde edilmektedir. 2016 yılı itibarıyla Türkiye'de kivi dikili alan 24.870 dekar olarak ölçülmüştür. Dikim zamanına bağlı olmak üzere 3 yaşındaki bir fidan ilk meyvelerini vermeye başlayıp, 4-5 yaşında ticari amaçlı olarak verim alınabilen kivi 7-8 yaşında tam verim çağına ulaşır. (Anonymous, 2018a).

Kivide budama değişik zamanlarda farklı amaçlarla yapılır. Bunlar şekil budaması, kış ürün budaması ve yaz budamasıdır. Şekil budaması genç bitkilere şekil vermek için yapılır. Amaç dik ve sağlam büyüyen ve ana tele kadar tek gövdeli bir şekil elde etmektir. Bitkiler ana telden sağa ve sola olmak üzere iki sabit kordon oluşturarak taçlandırılır. Kış budaması düzenli verim almak için yapılır. Kivide meyveler bir yaşlı sürgünlerden çıkan o yılın sürgünlerinden alınır. Bu nedenle her yıl düzenli ve sert budama yapılmaktadır. Kış budamasında bir yaşlı sürgünlerin yaklaşık 1/3 -2/3 'ü çıkarılır. Geriye kalan yıllık ürün çubukları yeterli miktarda ürün verirler (Anonymous, 2018b). Kivinin budandıktan sonra atılan budama artıkları önemli bir katı yakıt kaynağıdır. Ağaç başına yaklaşık 8 kg budama atığı alındığı düşünüldüğünde (Dok, 2014) ise toplam artık miktarının 12.323 ton olduğu, bunun da yaklaşık 10.500 ton katı yakıtı dönüşebilen artık olacağı görülmektedir.

Tarımsal ve diğer biyokütle artıkları özellikle gelişmekte olan ülkelerde enerji ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için önemli bir kaynak olup bu ülkelerin çoğunda her yıl çok miktarda artık çıkmaktadır. Tarımsal artıklar düşük yoğunluğa ve yüksek nem içeriğine sahip materyaller olduklarından evlerde ve endüstriyel alanlarda doğrudan yakılması çok etkin olmamakta ve bu artıkların doğrudan kullanılması taşıma, depolama ve işleme problemlerini meydana getirmekte ve en önemlisi kirliliğine neden olmaktadır. Tarımsal ve diğer biyokütle artıklarının etkin bir biçimde kullanılmasının yollarından birisi de onların briketlenmesidir. Briketleme, yeterli ölçüde parçalanmış materyalin 25 mm çap 'tan daha büyük şekillerde sıkıştırılması işlemidir. Biyokütlenin briketlenmesi ile yoğunluğu 100-200 kg/m³ 'den 1200 kg/m³ 'e kadar çıkarılmaktadır. Briketleme işlemi ile; biyokütle karakteristikleri iyileştirilmekte, hacimsel ısı değeri artmakta, taşıma maliyetleri düşmekte, depolama masrafları azalmakta, büyük sobalarda kolaylıkla yakılabilmekte, yanma karakteristikler düzelmekte, atmosfere salınan partikül emisyonları azalmakta ve aynı boyut ve şekilde iyi bir yakıt elde edilmektedir. (Kürklü ve Bilgin, 2005).

Günümüzde biyokütlenin briketlenmesi amacı ile vidalı, piston ve hidrolik pres makinaları kullanılmakta olup ticari olarak helezon vidalı ve piston pres teknolojileri daha çok önem kazanmaya başlamıştır. Özellikle helezon vidalı pres makinaları gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkelerde ticari olarak biyokütlenin briketlenmesi amacı ile yoğun biçimde kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalar, briket yoğunluğu artışı için en önemli faktörlerin basınç, partikül boyutu, sıcaklık ve nem içeriği, briket kalitesi için ise yoğunluk, nem içeriği, mukavemet, sıkıştırma basıncı, basınç uygulama zamanı ve yapıştırıcı materyal olduğunu göstermiştir. Ayrıca en uygun briketleme nemi, materyal çeşidine bağlı olarak %10-20 arasında bulunmuştur (Kürklü ve Bilgin, 2005).

Hidrolik briketleme makinası Hidrolik briketleme makinalarında elektrik motorundan alınan hareket hidrolik sistem aracılığı ile yüksek basınçta pistonla iletildiğinden mekanik pistonlu makinalardan farklıdır. Makina kompakt yapıda olup hafiftir. Makina kapasitesi 45-135 kg/h arasındadır ve üretilen briketlerin yoğunluğu 1000 kg/m³'den daha azdır. Hidrolik briketleme makinaları kullanımlarının kolay olması, bakım masraflarının ve enerji tüketimlerinin düşük olması nedeniyle avantajlı olmasına rağmen briket yoğunluğunun ve üretim kapasitesinin düşük olması ve üretilen briketlerin kırılgan yapıda olmaları nedeniyle dezavantajlıdır [2]. Bu tip makinalar, mekanik pistonlar için kabul edilen %15 nem içeriğinden daha

yüksek nem içeriklerinde çalışmaya izin vermektedirler (Kürklü ve Bilgin, 2005).

Yapılan bir çalışmada artıkların briket haline dönüştürülmesinde hidrolik pres kullanılmıştır. Hurma lifi ve kabukları 5-13.5 MPa orta basınç altında 40, 50 ve 60 mm çapında briketler elde edilecek şekilde yoğunlaştırılmıştır. Briketlerin çap-uzunluk oranı 0.75'de sabit tutulmuştur. Denemeler briketlerin çarpma ve sıkıştırma kuvvetini, dayanıklılığını ve yoğunluğunu belirlemek için yürütülmüştür. Ayrıca briketlerin ısı değeri, yanma karakteristikleri, kül ve nem içeriklerinin belirlenmesi çalışmanın diğer amaçlarını oluşturmuştur. Çalışma sonunda elde edilen briketlerin yoğunluğu 1100-1200 kg/m³ arasında, ısı değeri brüt 16.4 MJ/kg, kül içeriği yaklaşık %6 ve denge nem içeriği yaklaşık %12 olarak bulunmuştur. Ayrıca briket yoğunluğunun sıkıştırma basıncı ile arttığı, briket özelliklerinin mekaniksel parçalanmaya karşı dirençlerinden dolayı oldukça iyi olduğu ve nem almaya karşı dayanıklı oldukları belirlenmiştir (Husain ve ark.2002).

Tarımsal artıkların ve linyit kömürleri ile karışımlarının briketlenmesi ile ilgili yapılan bir çalışmada, briketlerin fiziksel özellikleri incelenmiştir. Çalışmada briketleme makinası olarak laboratuvar tipi helezon vidalı briketleme makinası, briketlenecek materyal olarak da kanola (kolza-00), talaş, saf yonca, hayvan gübresi, ayçiçeği küspesi, C4 enerji bitkisi olan *Miscanthus sinensis* "Ginanteus", kömür ve yapıştırıcı olarak su, melas ve tutkal kullanılmıştır. Ayrıca elde edilen briketlenmiş yakıtların fiziksel testleri ile ilgili olarak briket yoğunluğu, kırılma direnci, tumbler direnci, deformasyon kuvveti, su alma direnci, nem içeriği ve eşdeğer nem içerikleri ve bunlarla ilgili özellikler ortaya konmuştur. Çalışma sonunda, yapılan briketlemede boyutu 3.35 mm'den küçük materyallerin daha iyi briketlendiği gözlenmiştir. Briketlenen materyallerden kırılmaya karşı en büyük direnci Ayçiçeği+Melas karışımı göstermiştir. Tumbler direncinde ise en fazla dayanım gösteren briket yine Ayçiçeği+Melas karışımı olmuştur. Briketlerin su almaya karşı gösterdikleri dirençte en büyük değeri Ayçiçeği+Melas karışımı göstermiştir (Acaroğlu ve ark. 2002).

Bilgin ve ark., (2014), Ayçiçeği saplarını hasattan sonra tarladan toplamış ve dış ortamda yaklaşık % 10 nem içeriğine kadar kurutmuştur. Kurutma işleminden sonra ayçiçeği sapları 6 mm elek delik çapına sahip çekiçli değirmende öğütülerek briketleme işlemi için uygun boyutlara getirilmiştir. Daha sonra helezon tip briketleme makinesinde briketlenmesi sonucunda, ayçiçeği sapları herhangi bir yapıştırıcı madde kullanılmadan briketlenebileceğini, briketlerin dayanıklılık ve kırılma direnci değerleri oldukça yüksek

olduğunu, nem içeriği ve parçacık boyutu briketleme için oldukça uygun olduğunu, materyaller yaklaşık 8.5 kat daha yüksek yoğunluğa sıkıştırıldığını, briketlerin suya karşı dayanımları oldukça düşük olduğu ve ancak iyi bir ambalajlama ile uzun süre korunabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca elde edilen briketlerin ısıtma sistemlerinde, ısı ve güç santrallerinde katı yakıt olarak kullanılması mümkün olabileceğini, tarımsal artıkların yoğun olarak elde edildiği bölgelere briketleme tesisleri kurularak, bu tür artıkların ekonomiye kazandırılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Türkiye'nin başlıca biyokütle kaynakları tarımsal artıklar, orman artıkları, gıda işleme artıkları, endüstriyel artıklar ve kâğıt artıklarıdır. Türkiye geniş tarımsal üretim alanlarına sahip olduğundan tarımsal artıklar büyük önem kazanmaktadır. Bu nedenle artıklardan enerji elde etmede onların peletlenerek ya da briketlenerek katı yakacak olarak kullanılması en kolay ve etkin yöntemlerden birisidir. Biyokütlenin ısı değerinin belirlenmesi yakıldığında birim kütlesinden açığa çıkacak enerji miktarının bilinmesi açısından son derece önemlidir. Yakıtın ısı değerinin belirlenmesi ile biyokütle miktarına bağlı olarak toplam elde edilebilecek enerji miktarı ve ihtiyaç duyulan toplam yakıt miktarı da belirlenebilmektedir. Ayrıca ısı değeri, diğer yakıtların özellikleri ile ilgili karşılaştırmalarda ve yakma sistemlerinin tasarımı açısından da oldukça önem taşımaktadır. Isı değeri yakıtın kül içeriğine bağlı olarak değişmekte ve kül içeriği arttıkça yakıtın ısı değeri azalmaktadır. Ayrıca yakıtın nem içeriğinin artması yakıldığında elde edilebilecek enerji değerini düşürmektedir. Biyokütlenin ısı değerinin belirlenmesi konusunda değişik çalışmalar yürütülmüş ve bunlarla ilgili sonuçlar ortaya konmuştur. Biyokütlenin ısı değeri biyokütle çeşidine bağlı olarak 12.60-21.75 MJ kg⁻¹ arasında değişmektedir (Bilgin ve ark., 2013).

Karaca ve Başçetinçelik (2014), defne yaprağının briketleme ve yanma özelliklerini incelemişlerdir. Defne yaprağı artıklarının sıkışma oranında, özgül kütlesinin yaklaşık 19 kat arttığını ve briketlemenin başarılı olduğunu belirlemişlerdir. Elde edilen briketlerin gerek fiziksel ve gerekse kimyasal özelliklerinin literatürlerde belirtilen değerlerden iyi olduğu görülmüş, baca gazı emisyon değerlerinin de odunun emisyon değerinden düşük olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar, bu tür artıkların briketlenerek daha iyi depolama şartlarında depolanabileceği ve kömür yerine kullanılacak yakıt olarak değerlendirilebileceği görüşüne varmışlardır.

Biyokütlenin briketlenmesi ile ilgili yapılan çalışmalarda farklı tip briketleme makinelerinde farklı özelliklere sahip biyokütle örnekleri kullanılmış ve bunlar ile ilgili sonuçlar ortaya konulmuştur. Çalışmalar sonunda materyal yoğunluğunun, nem içeriğinin ve

parçacık boyutunun briket kalitesini ve makine kapasitesini etkilediği, elde edilen briketlerin oldukça sağlam olduğu, sıkıştırma basıncının artmasının briket kalitesini artırdığı, daha küçük boyutlu materyallerin daha iyi briketlendiği ve materyal ön ısıtma işleminin makinenin enerji tüketimini düşürdüğü bildirilmiştir (Bilgin ve ark. 2014).

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada materyal olarak kivi budama artığı kullanılmıştır. Ayrıca hidrolik tip briket makinesi, çekiçli değirmen, briket fiziksel test aletleri ve briket sobası gibi cihazlar bu çalışmada kullanılmışlardır. Çalışmada kullanılan kivi dalları Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü bahçesinde bulunan kivilerin budanması sonucu elde edilmiştir. Elde edilen budama artıkları, açık havada 3 ay kurutulduktan sonra enstitüde mevcut biyokütle ünitesine getirilerek, önce dal parçalama makinesinden geçirilerek kabaca parçalanmış, daha sonra çekiçli değirmen ve öğütücüden geçirilerek istenilen boyutlara getirilmiştir. Ardından parçalanmış materyalin nem oranı % 14 seviyesine düşürülünceye kadar (% 10 ile 15 arası) kurutulmuştur. Briketleme işleminde üç farklı ebatta materyal hazırlanmıştır. Bu ebatlar aşağıda verilmiştir.

- Kalın öğütülmüş (6 mm)
- Orta incelikte öğütülmüş (4 mm)
- İnce öğütülmüş (2 mm)

Materyal bu şekilde hazırlandıktan sonra biyokütle ünitesinde mevcut olan hidrolik tip briket makinesinde 150 bar basınçta preslenerek briket haline getirilmişlerdir. Elde edilen briketler, en uygun briketleme parametrelerini tespit etmek amacıyla en az 2 şer kg. numuneler alınarak aşağıdaki yakıt özellikleri analizlerine tabi tutulmuşlardır:

Isıl değer, Nem, Kül, Yoğunluk, Kırılma direnci (Shatter), Dayanıklılık Direnci (Tumbler), Briketlerin deformasyon kuvveti direnci. Su alma direnci. Briketlerin nem içeriği, Baca gazı emisyon değerleri (O₂, CO, CO₂, SO₂, NO_x, NO₂). ADL lignin içerikleri ve elementel analizleri.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışmada kivi budama artıkları incelenmiş, ancak karşılaştırmak için de ağaç tozu ile mukayese edilerek incelenen tüm özellikler -t- testiyle karşılaştırılmış ve önemli bulunmuştur.

Isıl değer, ADL-lignin ve Elementel analiz değerleri:

Elde edilen briketlerin ısı değer, lignin ve elementel analizi değerleri çizelge 1'de verilmiştir. Bir briketin kabul edilebilir kalitede olabilmesi için, 3800 kcal/kg ın üzerinde ısı değerine sahip olması gerekmektedir

(EN14961-3, 2011). Çalışılan materyal kivi budama artığının ısı değeri de çizelgede görüldüğü gibi 4425 kcal/kg olarak hesaplanmış ve kabul edilen değerlerin hayli üzerindedir. Ağaç tozunun kullanıldığı diğer alanlar -sunta, MDF vs- olduğu durumlarda meyve budama atıklarının yakacak olarak kullanılabilmesi beklenebilir. Materyalin % ADL lignin içerikleri çizelge 1'de görülmektedir. Lignin içeriği yüksek olan materyallerin briketlerinin daha sağlam olması beklenir. Zira lignin tabii bir yapıştırıcı özelliğe sahiptir. Ancak buradaki çalışmada her hangi bir ısıtma sistemi bulunmadığından ligninin bu özelliği görülmemiştir. Bunun nedeni de hidrolik tip briket makinesinde soğuk pres uygulanmaktadır. Kivi dalının lignin içeriği % 23,99 gibi yüksek bir değerdir ve ağaç tozundan fazladır. Kivi dalı ve ağaç tozunun elementel analiz sonuçları da çizelge 1 de görülmektedir. Materyalin azot yönünden düşük, karbon yönünden zengin olduğu görülmektedir. Isıl değerinin yüksek olmasının nedeni de karbon oranının yüksek olmasıdır.

Baca Gazı Emisyon Değerleri

Denemede elde edilen briketler, briket sobasında yakılmak suretiyle baca gazı emisyon değerleri ölçülmüştür. Elde edilen veriler çizelge 2'de görülmektedir. Çizelgede görüldüğü gibi kivi dalı, baca gazları yönünden ağaç tozuna göre daha temiz bir yakıttır. Özellikle SO₂ yönünden çok düşük olmasına rağmen, azot oksitler yönünden ağaç tozundan yüksek değerlere sahiptir. Ancak elde edilen değerlerin kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu görülmüştür.

Hammadde ve Briketlerin Yoğunluğu, Materyalin Sıkışma Oranı ve Nemi ile Briketlerin Kül Oranları

Denemede kullanılan materyallerin briket yapmadan önce ve briket yapıldıktan sonra yoğunlukları belirlenerek çizelge 3'de verilmiştir. Kivi dalının briket yoğunluğu, ağaç tozundan yüksek bulunmuştur. Kabul edilebilir briket yoğunluğunun 900 kg/m³ ve üzerinde olması gerekmektedir (EN14961-3, 2011). Ancak hidrolik briket makinelerinde briketin yoğunluğunu makinenin gücü de belirlemektedir. Kullanılan briket makinesindeki baskı, istenilen yoğunlukta briket elde edilmesi için yeterli bulunmamıştır. Hidrolik tip briket makinelerinde materyalin nem miktarı, % 10-14 aralığında olması tavsiye edilmektedir. Materyaller herhangi bir ilave kurutma işlemine tabi tutulmadan tabii ortamda kurutulmuşlardır. Kullanılan kivi dalı ve ağaç tozu düşük nemde olduğu için suyla nemi yükseltilecek briketleme yapılmıştır. Kivi dalının kül içeriği de çizelgede görüldüğü gibi % 2,89 bulunmuş ve ağaç tozundan düşük olarak standartların altında yer almıştır. Materyalin sıkışma oranı, hammaddenin

muhafazası, saklanması ve nakliyesi için önemlidir. Sıkıştırma oranı arttıkça materyalin briketlenmesinin muhafaza ve nakliyesi için gerekli olduğu daha iyi anlaşılır. Kivi dalı bu yönüyle de ağaç tozundan avantajlı durumdadır. Materyallerin parça boyutları, sıkıştırma için önemlidir ancak çok küçük parçalanması da gerekmemektedir. Materyalin türüne göre parçacık boyutları da değişmektedir.

Dayanıklılık (Tumbler) ve Kırılma (shatter)

Testi, Deformasyon ve Su Alma Dirençleri

Briketlerin sağlamlığının, depolama ve nakliye sırasında ortaya çıkabilecek sarsıntıların sonucu meydana gelen kayıpların belirlenmesi amacıyla yapılan testlerdir. Bu testler özel cihazlarda yapılır ve % ile ifade edilir. Genel olarak kabul edilebilir değer,

% 95 ve üzeri olmalıdır (EN14961-3, 2011). Dayanıklılık testi sonuçlarına göre gerek kivi dalı ve gerekse ağaç tozu, % 95 in altında değerler vermişlerdir. Kırılma testinde ise kivi dalı % 95 in üzerinde, ağaç tozu % 71.28 ile aşağıda yer almıştır (çizelge:4). Briketlerin su alma dirençleri suya ve ıslanmaya karşı direnci olarak kabul edilir ve 30 saniyede % 50 den az olması arzu edilir. Gerek kivi dalı ve gerekse ağaç tozu bu yönüyle standardın altında kalmışlardır.

Briketin sağlamlığının bir ölçüsü de deformasyon direncinin iyi olmasıdır. Bu değer de ürünün üzerine özel cihazla yapılan basınçla hesaplanır. Değerin yüksek olması (en az 2000 N) istenir. Çizelge 4'de analiz sonucu elde edilen değerler görülmektedir.

Çizelge 1. Kivi Dalı ve Ağaç Tozunun Isıl Değer, ADL Lignin ve Elementel Analiz Değerleri

| Materyal | Üst ısıl değer (kcal/kg) | ADL-(% lignin) | Azot (%) | Karbon (%) | Hidrojen (%) | Oksijen (%) |
|-----------|--------------------------|----------------|----------|------------|--------------|-------------|
| Kivi dalı | 4425 | 23,99 | 0,82 | 48,65 | 5,72 | 44,83 |
| Ağaç tozu | 4522 | 16,24 | 0,10 | 50,93 | 6,38 | 42,59 |

Çizelge 2 Bazı Tarımsal Atıkların Baca Gazı Emisyon Değerleri

| Materyal | O ₂ (%) | CO ₂ (%) | CO (ppm) | NO (%) | NOx (ppm) | SO ₂ (ppm) |
|---------------------------|--------------------|---------------------|----------|---------|-----------|-----------------------|
| Kivi dalı | 17,58 | 3,28 | 1371,6 | 84,22 | 88,44 | 0,22 |
| Ağaç tozu | 15,83 | 4,98 | 1331,1 | 40,78 | 42,89 | 14,67 |
| Kabul Edilebilir Değerler | % 13 | % 20,3 | 3200 ppm | 300 ppm | 300 ppm | 70 ppm |

Çizelge 3. Hammadde ve Briketlerin Yoğunluğu, Materyalin Sıkıştırma Oranı ve Nemi ile Briketlerin Kül Oranları

| Materyal | Hammadde Yoğ. (kg/m ³) | Briket Yoğunluğu (kg/m ³) | Materyalin sıkıştırma oranı (%) | Hammadde nemi (%) | Briket Nemi (%) | Kül oranı (%) |
|-----------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|-------------------|-----------------|---------------|
| Kivi dalı | 298,94 | 826,88 | 2,78 | 8,27 | 14,37 | 2,89 |
| Ağaç tozu | 260,83 | 622,34 | 2,40 | 8,47 | 15,53 | 1,81 |

Çizelge 4. Briketlerin Deformasyon, % Su alma Dirençleri, Tumbler ve Shatter Verileri

| Materyal | (%) Su alma- (30 saniyede) | Dayanıklılık-Tumbler (%) | Kırılma-Shatter (%) | Deformasyon direnci (Newton) |
|-----------|----------------------------|--------------------------|---------------------|------------------------------|
| Kivi dalı | 62,84 | 92,29 | 98,23 | 3572,6 |
| Ağaç tozu | 141,56 | 46,48 | 71,28 | 2223,6 |

Çizelge 5. Farklı Parçacık Boyutlarındaki Materyalden Elde Edilen Briketlerin Fiziksel Özellikleri

| Materyal | Parça boyutu (mm) | Dayanıklılık (%) | Kırılma (%) | Briket yoğ (Kg/m ³) | (%) Su alma direnci (30 saniyede) | Sıkıştırma direnci(N) |
|-----------|-------------------|------------------|-------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| Kivi dalı | 2 | 93,43 | 98,47 | 828 | 61 | 2458 |
| | 4 | 91,97 | 98,43 | 860 | 69 | 3614 |
| | 6 | 91,47 | 97,80 | 792 | 58 | 4645 |
| Ağaç tozu | 2 | 10,23 | 30,67 | 567 | 172 | 703 |
| | 4 | 68,50 | 92,17 | 672 | 119 | 3834 |
| | 6 | 60,70 | 91,00 | 627 | 132 | 2133 |

TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmada kullanılan kivi budama artıklarından elde edilen briketlerin fiziksel özellikleri incelendiğinde genel olarak ağaç tozundan elde edilen briketlere eşdeğer, bazı özellikleri yönünden ise daha kaliteli olduğu görülmüştür. Ancak farklı parçacık boyutları yönünden incelendiğinde ise bazı fiziksel özellikleri değişebilmektedir. Çizelge 5 te ağaç tozu ve kivi budama artıklarının farklı parçacık boyutlarından elde edilen briketlerin fiziksel özellikleri görülmektedir. Çizelgede de görüldüğü gibi kivi dalından elde edilen briketlerin dayanıklılık dirençleri, sırasıyla 2, 4 ve 6 mm şeklindedir. Yani parçacık küçüldükçe dayanıklılık artmaktadır. Ağaç tozunda ise aksi bir durum söz konusudur. Dolayısıyla briketlemede parçacık boyutu dayanıklılık için önemli bir kistaştır.

Materyallerin kırılma dirençleri, dayanıklılık dirençlerine paralel bir yol takip etmişlerdir. Kivi dalı parçası küçüldükçe kırılma direnci artmış, ağaç tozu ise küçüldükçe kırılma direnci azalmıştır. Kivi dalından elde edilen briketin yoğunluğu, parça boyutunun küçülmesiyle azalmış, ancak çok büyük parçalarla sağlam briket elde edilememiş, ideal olarak 4 mm yeterli olmuştur. Ağaç tozunun 4 mm boyutundan elde edilen briketlerin yoğunluğu en yüksek değerde bulunmuştur. Briketlerin su alma dirençleri, parçacık boyutuna göre farklılık göstermiştir. Genel olarak kivi budama artığından elde edilen briketler, ağaç tozundan elde edilen briketlere göre daha az su almışlardır. Parçacık boyutları yönünden ise kivi dalının kalın parçacıklı briketleri (6 mm) en az su çekerken, ağaç tozundan 4 mm lik parçacıklı briketleri en az suyu çeken materyaller olmuşlardır (çizelge:5). Sıkışma dirençleri yönünden parçacık boyutuna göre materyaller incelendiğinde ise, gerek kivi dalından ve gerekse ağaç tozundan elde edilen briketler, 2 mm parçacık boyutunda en zayıf ürünleri vermişlerdir. Yani

parçacık boyutunun küçülmesiyle elde edilen briketlerin sıkışma dirençleri de azalmıştır. Genel olarak değerlendirildiğinde, briketlerin kalite kriterleri olarak bilinen yukarıdaki özellikler yönünden, kivi budama artıkları için 2 mm parçacık boyutunun daha uygun olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak, tarımsal budama artıkları, yenilenebilir enerji kaynağı olarak, önemli bir potansiyele sahiptir. Bu çalışmada görüldüğü gibi, kivi budama artıklarından elde edilen briketlerin yakıt özelliklerinin incelenmesi sonucunda, gerek AB briket standartları yönünden ve gerekse ısınmadan kaynaklanan hava kirliliğinin kontrolü yönetmeliği yönünden her hangi bir sakıncanın olmadığı belirlenmiştir. Hali hazırda özellikle Avrupa'da yaygın olarak kullanılan katı yakıt pelet ve briket, ülkemizde istenilen seviyeye gelememiştir. Bunun nedenlerinden birisi, ürünün tanıtımının eksik olması yanında hammadde temininin güçlüğü de söylenebilir. Avrupa'da sadece ağaç talaşından elde edilen bu ürünler, ağaç talaşının sanayiinin değişik kollarında kullanılması nedeniyle yeterince temin edilememektedir. Yapılan bu çalışma, ağaç talaşı yerine meyve budama artıklarının da kullanılabilceğini göstermesi açısından da çok önemlidir. Ülkemizde her yıl ısınma amaçlı yaklaşık 7.000.000 ton linyit kömür ithal edilmektedir. Ülkemizin değişik yerlerinde artık olarak bilinen her türlü tarımsal artık ve meyve budama artıklarının briket halinde değerlendirilmesi durumunda, kömür ithalatının belirli bir kısmını karşılamak mümkün olacaktır. Böylece yeterli tesisler kurulduğu takdirde, ülkemizin tarımsal artıkları değerlendirilmiş olacak, yeni bir istihdam kapısı açılarak ülke ekonomisine katkı sağlanmış olacak ve kömür ithalatının büyük ölçüde azalması söz konusu olacaktır. Köylerden büyük kentlere olan göç olayı da planlı bir organizasyon yapıldığı takdirde son bulacaktır.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Acaroğlu, M., H. Öğüt, M.N. Örnek, 2002. Biyokütlenin Briketlenmesi ve Biyokütle Briketlerinin Fiziksel Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. IV. Ulusal Temiz Enerji Kongresi Bildiri Kitabı, s. 819- 831, 16-18 Ekim, İstanbul.
- Anonymous, 2018a. www.ordutb.org.tr. Kivi Raporu, Erişim:15.05.2018.
- Anonymous, 2018b. https://adana.tarim.gov.tr/Belgeler/SUBELER/bitkisel_uretim_ve_bitki_sagligi_sube_mudurlugu/meyve_yetistiriciligi_ve_mucadelesi/Kivi.pdf. Erişim:14,05,2018.
- Bilgin S., H.Yılmaz, A.Coşer, M.Acar, M.Dok, 2014. Ayçiçeği Saplarının Konik Helezon Tıp Briket Makinesinde Briketlenmesi. Akdeniz Univ. Ziraat Fak. Derg. (2014) 27(2): 91-97
- Bilgin, S., C.Ertekin, A.Kürklü, 2013. Alternatif Yakıt Olarak Sera Bitki Atığı Briketlerinin Yakılması ve Baca Gazı Emisyon Değerlerinin Belirlenmesi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi (2013) 26(1): 11-17.

- Boztepe E., A. Karaca, 2009. Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Tarımsal Atıklar. Enerji Kongresi. 21-23 Ekim.2009. İzmir. Son erişim:26.10.2015.
- Dok M. 2014. Karadeniz Bölgesinin Tarımsal Atık Potansiyeli ve Bunlardan Pelet Yakıt Olarak Yararlanılması, Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlar 4. Ulusal Çalıştayı, 28-29 Mayıs 2014, sayfa: 211-222, SAMSUN.
- EN 14961-3:2011. Solid Biofuel - Fuel Specification and cCases. Part 3:
- Husain, Z., Z. Zanac, Z. Abdullah, 2002. Briquetting of Palm Fibre and Shell From the Processing of Palm Nuts to Palm Oil. Biomass and Bioenergy, 22: 505-509.
- Karaca C., A. Başçetinelik, 2014. Defne Yaprağının Briketleme ve Yanma Özellikleri. Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlar 4. Ulusal Çalıştayı, 28-29 Mayıs 2014, sayfa: 131-138, SAMSUN.
- Kürklü, A., S. Bilgin, 2005. Biyokütle Briketleme Makinaları ve Uygulamaları: Literatür Taraması. III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu. 19-21.10.2005, Mersin.