

Pamuk Saplarının Hidrolik Tip Preste Briketlemesi Üzerine Bir Çalışma

H.Emre AKMAN, Sefai BİLGİN

Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, 07070 Antalya
hemreakman@akdeniz.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 09.05.2012

Accepted (Kabul Tarihi): 29.06.2012

Özet: Bu çalışmada, Türkiye’de tarla ürünleri arasında yıllık atık miktarı bakımından üçüncü sırada yer alan pamuk saplarının katı yakıt olarak kullanılması için briketlenmesi amaçlanmıştır. Öğütülmüş pamuk saplarının briketlenmesinde maksimum sıkıştırma basıncı 350 MPa olan hidrolik tip pres ve 150 mm yüksekliğinde ve 61 mm iç çapa sahip konik silindirik kalıp kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan pamuk saplarının nem içeriği %11.93 olarak belirlenmiştir. Briketleme işlemi 140 MPa sıkıştırma basıncında, 30 saniye basınç uygulama zamanında ve çevre şartlarında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen briketlerin fiziksel özellikleri ile ilgili olarak yoğunluk, kırılma direnci (shatter direnci) ve su alma direnci değerleri belirlenmiştir. Testler öncesi briketler 7 gün süre ile çevre şartlarında bekletilmiştir. Çalışma sonunda ortalama 61 mm çapında ve 40 mm yüksekliğinde briketler elde edilmiştir. Pamuk saplarının hidrolik tip preste oldukça yüksek yoğunlukta (ortalama 1006 kg/m³) briketlenebileceği belirlenmiştir. Fiziksel testler sonunda briketlerde herhangi bir kırılma ve çatlama meydana gelmemiştir. Briketlerin kırılma direnci (shatter direnci) %96.69, su alma direnci ise %74.36 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler briketlerin oldukça sağlam yapıda olduklarını göstermiş ve briketlerin çevre şartlarında bekletilmesi briketlerde olumsuz bir durum meydana getirmemiştir.

Anahtar kelimeler: Pamuk Sapı, Briketleme, Hidrolik Tip Pres.

A Research on the Briquetting of Cotton Stalks with a Hydraulic Type Press

Abstract: In this research, the cotton stalks, which are the third place among the field crops in terms of annual amount of agricultural residue in Turkey, were briquetted for the utilization as a solid fuel. A hydraulic type press with 350 MPa maximum compression pressure and a punch and tapered cylindrical die set (61 mm inlet diameter and x 150 mm height) for the briquetting of dried and crushed cotton stalks was used. The moisture content of cotton stalks was determined as 11.93%. The samples of cotton stalks were briquetted at ambient temperature for 30 seconds under 140 MPa pressure. Physical properties of briquettes such as density, shatter index, tumbler index and water resistance were determined. All briquette samples were stored under ambient conditions during 7 days before testing.

At the end of the study, 61 mm diameter and 40 mm height briquettes were obtained. It was determined that high dense briquettes (1006 kg/m³) can be obtained from cotton stalks using hydraulic press. No fracture occurred at the end of physical tests. The shatter index, tumbler index and water resistance of briquettes were 96.69%, 80.59% and 74.36%, respectively. These values showed that the briquettes were quite strong and preservation of briquettes at ambient conditions did not affect the endurance of them.

Key Words: Cotton stalks, Briquetting, Hydraulic type press machine

GİRİŞ

Dünyada nüfus artışı, sanayileşme, kentleşme olguları ve küreselleşme sonucu artan ticaret olanakları doğal kaynaklara ve enerjiye olan talebi giderek artırmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)

tarafından yapılan projeksiyonlarda, mevcut enerji politikaları ve enerji arzı taleplerinin devam etmesi durumunda dünya birincil enerji talebinin 2007-2030 yılları arasında %40 oranında artacağı belirtilmiştir.

Referans senaryolara göre; 2007 yılında 12000 milyon ton petrol eşdeğeri (MTEP) düzeyinden yıllık ortalama %1.5 talep artışı ile dünya birincil enerji talebi 2030 yılında 16800 MTEP düzeyine çıkacaktır. Söz konusu talep artışının zamanında ve güvenli bir şekilde karşılanabilmesi için, 2030 yılına kadar küresel çapta enerji sektörü alt yapısına 26 trilyon dolar tutarında yatırım yapılması gerekliliği öngörülmekte olup, yalnızca elektrik sektörüne üretim, iletim ve dağıtım için 13.7 trilyon dolar yatırım yapılması gerektiği belirtilmiştir (ETKB, 2010).

Türkiye birincil enerji kaynakları potansiyeli açısından yeterli olmamasına karşın, yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli açısından zengin ve çeşitli olup, mevcut kullanımda yenilenebilir enerji kaynakları kömürden sonra ikinci en büyük enerji kaynağı grubunu oluşturmaktadır. Türkiye'deki başlıca yenilenebilir enerji kaynakları arasında hidrolik, biyokütle, rüzgâr, biyogaz, jeotermal ve güneş enerjisi yer almaktadır. Çizelge 1'de Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli verilmiştir (Ayas vd., 2009).

Türkiye'nin birincil enerji arzı 2010 yılı sonunda 107 MTEP'e ulaşırken, enerji üretimi 32.5 MTEP dolaylarında kalmış ve 2010 yılı sonunda enerji üretiminin enerji arzını karşılama oranı %30 olmuştur (ETKB, 2010). Enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynakları arasında biyokütle enerjisi çok önemli bir paya sahiptir ve 2010 yılı için %39.1 oranında katkı sağlamıştır (ETKB, 2010).

Türkiye'de klasik biyokütle, enerji üretiminde büyük rol oynamaktadır. Klasik biyokütle kaynakları arasında yer alan odun, hayvansal ve tarımsal atıklar özellikle çoğu kırsal bölgelerde doğrudan yakılarak yemek pişirmede ve ısıtmada başlıca kaynak olarak yıllardır kullanılırken, modern biyokütleden enerji üretimine yeni yeni geçilmektedir.

Türkiye'de biyokütle çoğunlukla odun ve odun atıklarından (%64), kentsel katı atıklardan (%24), tarımsal atıklardan (%5) ve atık gazlardan (%5) üretilmektedir (Demirbaş, 2009).

Türkiye 2010 yılı verilerine göre toplam 21.38 milyon ha işlenebilir tarım alanı ile tarım potansiyeli zengin olan bir ülkedir. Bunun 17.13 milyon ha'lık bölümü ekilirken geri kalanı nadasa bırakılmaktadır (TUİK, 2012). Tarımsal üretimin temelini oluşturan ürünlerin (buğday, arpa, tütün, pamuk, pirinç, susam vb.) çok büyük miktarlarda tarımsal atığı oluşmakta ve yıllık toplam tarımsal atık miktarı 50-65 MTEP'e

ulaşmıştır (Başçetinçelik vd., 2005). Türkiye için tarla ürünleri ve atık miktarları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2'deki verilere göre tarla ürünlerinin toplam ısı değerleri yaklaşık olarak 228 PJ'dur. Toplam ısı değeri içerisinde mısır % 33.4, buğday % 27.6 ve pamuk %16.1 ile en fazla paya sahip ürünlerdir.

Tarımsal ve diğer biyokütle atıkları özellikle gelişmekte olan ülkelerde enerji üretimi için önemli bir kaynak olmasına rağmen bu tür atıklar ya tarlada bırakılarak gübre amacı ile toprağa gömülmekte ya da bulunduğu yerde yakılarak ekonomiye kazandırılmadan yok edilmektedir. Bu tür atıkların enerji üretimi amacı ile gerektiği biçimde değerlendirilmemesinin temel nedeni düşük yoğunluğa ve yüksek nem içeriğine sahip olmalarıdır. Bundan dolayı evlerde ve endüstriyel alanlarda doğrudan kullanılması taşıma, depolama ve işleme problemlerini meydana getirmekte ve de en önemlisi kirliliğe neden olmaktadır. Tarımsal ve diğer biyokütle atıklarının etkin bir şekilde kullanılmasının yollarından birisi de onların briketlenmesidir.

Tarımsal atıkların briketlenmesi

Briketleme, yeterince parçalanmış materyalin 25 mm çaptan daha büyük şekillerde sıkıştırılması işlemidir. Materyalin briketlenmesi ile yoğunluğu 100-200 kg/m³'ten 1200 kg/m³'e kadar çıkarılmaktadır (Grover ve Mishra, 1996). Briketleme işlemi ile; biyokütle karakteristikleri iyileştirilmekte, hacimsel ısı değeri artmakta, taşıma maliyetleri düşmekte, depolama masrafları azalmakta, büyük sobalarda kolaylıkla yakılabilmekte, yanma karakteristikleri düzelmekte, atmosfere salınan partikül emisyonları azalmakta ve aynı boyut ve şekilde iyi bir yakıt elde edilmektedir.

Günümüzde biyokütlenin briketlenmesinde helezon, piston ve hidrolik tip presler kullanılmaktadır.

Hidrolik tip briketleme makinelerinde, elektrik motorundan alınan hareket hidrolik sistem aracılığı ile yüksek basınçta pistonla iletilmektedir. Makine kompakt yapıda olup oldukça hafiftir. Makine kapasitesi 45-135 kg/h arasındadır ve üretilen briketlerin yoğunluğu 1000 kg/m³'den daha azdır. Hidrolik briketleme makineleri kullanımlarının kolay olması, bakım masraflarının ve enerji tüketimlerinin düşük olması nedeniyle avantajlı olmasına rağmen, briket yoğunluğu ile briket üretim kapasitesinin düşük ve briketlerin kırılabilir yapıda olmaları nedeniyle dezavantajlıdır (Granada vd 2002).

Çizelge 1. Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli (Ayas vd., 2009)

Yenilenebilir Enerji Kaynağı	Enerji Kullanma Biçimi	Potansiyel	İnşa Halinde	Kurulu
Güneş	Elektrik/Isıtma	1,0219 x 10 ⁶ TWh/yıl (brüt)	-	2 MW (FV)
Rüzgâr	Elektrik	419 TWh/yıl	2918 MW	453 MW
Hidrolik	Elektrik	433 TWh/yıl (brüt) 216 TWh/yıl (teknik)	8600 MW	14200 MW
Jeotermal	Elektrik/Isıtma	276 TWh/yıl (brüt)	25 MW	28,3 MW
Biyokütle	Elektrik/Isıtma	87 TWh/yıl (brüt)	6 MW	55,7 MW
Biyogaz	Elektrik/Isıtma	17-23 TWh/yıl (brüt)	13 MW	4 MW

Çizelge 2. Türkiye' deki tarla ürünleri ve atık miktarları (Başçetinçelik, vd, 2005)

Ürünler	Atıklar	Toplam Atıklar (ton)		Kullanılabilir Atık (ton)	Kullanılabilirlik (%)	Isıl Değer (MJ/kg)	Toplam Isıl Değeri (GJ)
		Teorik	Gerçek				
Buğday	Saman	2 9170 755	23 429 907	3 514 486	15	17.90	62 909 300
Arpa	Saman	9 992 948	8 963 012	1 344 452	15	17.50	23 527 908
Çavdar	Saman	405 188	358 040	53 706	15	17.50	939 855
Yulaf	Saman	419 678	321 236	48 185	15	17.40	838 425
Mısır	Sap	5 911 902	4 970 259	2 982 155	60	18.50	55 169 873
	Sömek	596 592	1 907 307	1 144 384	60	18.40	21 056 667
Pirinç	Saman	582 555	209 532	125 719	60	16.70	2 099 510
	Kabuk	88 527	77 747	62 198	80	12.98	807 327
Tütün	Sap	362 763	410 778	246 467	60	16.10	3 968 113
Pamuk	Sap	6 317 181	2 520 281	1 512 169	60	18.20	27 521 470
	Çırcır atığı	481 527	732 220	585 776	80	15.65	9 167 391
Ayçiçeği	Sap	2 341 554	2 259 121	1 355 472	60	14.20	19 247 709
Yerfıstığı	Saman	127 054	-	-	-	-	-
	Kabuk	27 621	28 638	22 910	80	20.74	475 155
Soya	Saman	60 468	21 872	13 123	60	19.40	254 595

Biyokütle briketlemesi ile ilgili yapılan çalışmalarda değişik tarımsal ve diğer biyokütle atıkları kullanılmış ve elde edilen bazı sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Demirbaş (1999) tarafından yapılan çalışmada çay atıkları farklı basınçlarda hidrolik tip preste briketlenmiş ve briketleme basıncının yoğunluk, nem içeriği ve basınç dayanım dirençleri üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışma sonunda briket yoğunluğu ve basınç dayanımı briketleme basıncının artması ile artmış, basınç uygulama süresinin artması da briket yoğunluğunu artırmıştır. Ayrıca çay atıklarının 400-800 MPa arasında basınç uygulamaları ile 4-6 kez daha fazla yoğunluğa sıkıştırılabileceği belirlenmiştir.

Husain vd (2002) tarafından yapılan çalışmada hurma lifi ve kabukları hidrolik tip briketleme makinesinde (5-13.5 MPa) briketlenmiştir. Briketlerin çarpma ve sıkıştırma kuvvetleri, dayanıklılığı ve yoğunlukları belirlenmiştir. Çalışma sonunda elde edilen briketlerin yoğunluğu 1100-1200 kg/m³ arasında bulunmuştur. Ayrıca briket yoğunluğunun

sıkıştırma basıncı ile arttığı, briket özelliklerinin oldukça iyi olduğu ve briketlerin nem almaya karşı dayanıklı oldukları belirlenmiştir.

Suhagar vd (2006) tarafından yapılan çalışmada parçalanmış mısır sapı örnekleri 3 farklı basınçta (5, 10 ve 15 MPa) ve nem içeriğinde (%5, 10 ve 15) hidrolik tip briketleme makinesi ile briketlenmiş ve 32 mm çapında ve 20-25 mm uzunluğunda briketler elde edilmiştir. Briket yoğunluğunun uygulama basıncındaki artış ile oldukça arttığı ve maksimum 950 kg/m³ olduğu belirlenmiştir. Yüksek nem içeriğinde elde edilen briketlerde daha fazla yüzeysel çatlaklar ve ekstenel genleşmeler gözlemlenmiştir. Briketlerin dayanıklılık dirençlerinin (indekslerinin) %67-94 arasında değiştiği, düşük nem içeriklerinde ve en yüksek uygulama basıncında dayanıklılık direncinin %90'dan fazla olduğu belirlenmiştir.

Kürklü ve Bilgin (2007) tarafından yapılan çalışmada öğütülmüş pamuk ve susam bitkisi sapsarı helezon tip briketleme makinesinde briketlenmiş ve

briketlerin fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Briketleme işlemi sonunda ortalama 57 mm çapında, 25 mm merkez delikli silindirik briketler elde edilmiştir. Fiziksel testler sonunda briketlerin yüksek kırılma direnci, düşme-dayanıklılık direnci, su alma direnci ve eşdeğer nem içeriğinden dolayı oldukça sağlam yapıda oldukları belirlenmiştir. Ayrıca, pamuk ve susam sapı briketlerinin yoğunlukları birbirine yakın ve oldukça yüksek değerlerde (1157 kg/m^3) bulunmuştur.

Çalışmanın amacı

Türkiye’de tarımsal üretim yapılan alanlardan her yıl büyük miktarlarda tarımsal atık çıkmakta ve bu atıkların büyük çoğunluğu herhangi bir şekilde değerlendirilmeyerek yok edilmektedir. Bu nedenle bu tür biyokütle atıkların enerji amacı ile değerlendirilip ülke ekonomisine kazandırılması gerekmektedir. Türkiye’de pamuk ekim alanları 2000 yılından itibaren azalma eğilimine girmiştir. 2000 yılında 655380 ha olan ekim alanları 2010 yılında 480682 ha olmuştur (TUİK, 2012). Pamuk üretiminin yapıldığı alanlardan kuru bazda 4.1 t/ha biyokütle atığı çıktığı dikkate alındığında (Kürklü ve Bilgin, 2007), 2010 yılı için teorik olarak çıkan pamuk sapı biyokütle atık miktarı toplamda 1.97 milyon ton olmuştur.

Tarımsal atıklar düşük yoğunluğa ve yüksek nem içeriğine sahip olduklarından enerji eldesi için doğrudan yakılmaları etkin olmamakta depolama ve taşınmada problemlere neden olmaktadır. Bu nedenle bu atıkların etkin biçimde kullanılması için kurutulduktan sonra preslenerek briket haline getirilmeleri gerekmektedir. Böylece materyallerin yoğunlukları artırılmakta, ucuz, kaliteli, çevre dostu ve yenilenebilir bir enerji kaynağı elde edilmekte, depolama ve taşınma masrafları azaltılmaktadır.

Bu çalışmada pamuk saplarının laboratuvar tipi hidrolik pres makinasında briketlenmesi, briketlerin fiziksel özellikleri ile ilgili olarak kırılma direnci, düşme-dayanıklılık direnci, su alma direnci ve briket yoğunluğunun belirmesi amaçlanmış ve elde edilen briketlerin kullanım olanakları sunulmuştur.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

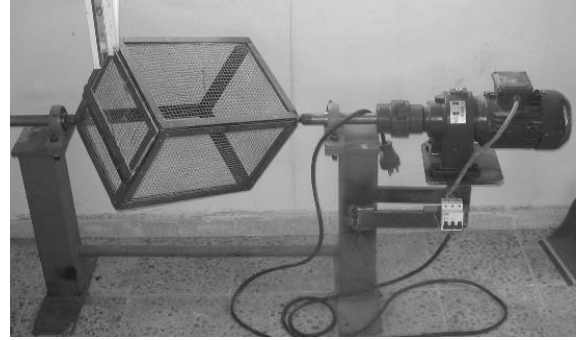
Denemeler Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Araştırma ve Uygulama Atölyesinde yürütülmüştür.

Bu çalışmada briketlenecek materyal olarak kurutulduktan sonra öğütülmüş pamuk sapları kullanılmıştır.

Briketleme işleminde maksimum sıkıştırma basıncı 350 MPa olan hidrolik tip pres makinası kullanılmıştır. Hidrolik tip pres makinasının elektrik motor gücü 7.5 HP, strok mesafesi 400 mm, strok hızı 6.2 mm/s’ dir.

Denemelerde 61 mm giriş çapına ve 1 mm kesit daralmasına sahip 150 mm yüksekliğinde çelik malzemeden yapılmış konik silindirik kalıp seti kullanılmıştır.

Briketlerin düşme-dayanıklılık (tumbler) direncinin belirlenmesinde ASEA 269.4 standartlarına uygun olarak imal edilmiş test ünitesi kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Düşme-dayanıklılık test düzeneği

Yöntem

Materyalin briketlenmesi

Pamuk bitkisi sapları hasattan sonra üretim alanlarından toplanmış, dış ortamda doğal olarak kurutulduktan sonra çekiçli değirmende öğütülerek boyutları küçültülmüştür.

Briketleme işleminde materyaller kalıp içerisinde silme olacak şekilde elle doldurulmuş ve hidrolik pres yardımıyla materyal kalıp içerisinde sıkıştırılmıştır. Sıkıştırma basıncı materyalin sıkışmasına bağlı olarak yavaş yavaş artmış ve 140 MPa sıkıştırma basıncına ulaşıldığında hidrolik sistem durdurulmuştur. Sıkıştırılan materyalin basınç uygulamadan sonra ani olarak genişmesini önlemek için 140 MPa basınç uygulaması 30 saniye süre ile devam etmiştir. Briketleme işlemi sonunda kalıp içerisindeki briket ters yönde kuvvet uygulanarak çıkarılmış ve yaklaşık 61 mm çapında ve 40 mm yüksekliğinde içi dolu briketler elde edilmiştir. Briketleme işlemi süresince herhangi bir yapıştırıcı madde kullanılmamıştır.



Şekil 2. Pamuk sapı briketleri

Briket kalitesi ile ilgili özellikler ve testler

Briketlerin fiziksel testleri ile ilgili olarak yoğunluk, kırılma direnci, düşme-dayanıklılık (tumbler) direnci ve su alma direnci belirlenmiştir. Testler öncesi briketler 7 gün boyunca kapalı bir ortamda çevre şartlarında bekletilmiştir.

Kırılma ve düşme-dayanıklılık dirençleri belirlenirken 20 mm' lik elek üzerinde kalan parçalar kayıp olarak değerlendirilmemiştir (CRA, 1987).

Yoğunluk

Briket yoğunluğu briket boyutlarının ölçülmesi (stereometrik yöntem) yolu ile hesaplanmıştır. Bu yöntemde önce briketler tartılmış ve kütleleri kaydedilmiştir. Daha sonra silindirik briketin dış çapı ve uzunluğu kumpas yardımı ile ölçülmüş ve briket hacmi hesaplanmıştır. Briket yoğunluğu ise; briket kütlelerinin briket hacmine bölünmesi ile hesaplanmıştır.

Kırılma (shatter) Direnci

Kırılma direnç testinde, kütleleri belirlenmiş briketler 1 m yükseklikten sert bir zemine 10 kez düşürülmüştür. Düşürme işlemi sonrası briketlerin kütleleri tekrar belirlenmiştir. Kırılma sonucu oluşan kayba bağlı olarak kırılma direnci yüzde olarak hesaplanmıştır(CRA, 1987).

Düşme-dayanıklılık (tumbler) direnci

Denemede, daha önce kütleleri tespit edilmiş 5 briket test ünitesinde bulunan kafese yerleştirilmiş ve

3 dakika boyunca 40 min⁻¹ ile döndürülmüştür. Döndürme işleminin sonunda briketler tekrar tartılmış ve kütleleri kaydedilmiştir. Meydana gelen kütle kaybına bağlı olarak düşme-dayanıklılık direnci yüzde olarak hesaplanmıştır(CRA, 1987).

Su alma direnci

Su alma direnci, suyun içine daldırılan briket tarafından emilen suyun yüzde olarak ölçüsüdür. Briketlerin suya daldırılmadan önce kütleleri tespit edilmiştir. Daha sonra her bir briket 27°C sıcaklıktaki suyun içerisine daldırılmış ve 1 dakika boyunca suyun içerisinde bekletilmiştir. Kütle artışına bağlı olarak su alma direnci yüzde olarak hesaplanmıştır(CRA, 1987).

Denemelerde kullanılan materyallere ait özellikler Çizelge 3' de verilmiştir.

Çizelge 3. Deneme materyal özellikleri

Materyal	Nem İçeriği (%)	Yoğunluk (kg/m ³)	Kül İçeriği (%)		
Pamuk Sapı	11.93	163.00	5.35		
Elek Analizi					
	0-1 mm (%)	1-2 mm (%)	2-2.8 mm (%)	2.8-4 mm (%)	4< mm (%)
Pamuk Sapı	46.83	41.61	9.29	2.02	0.25

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Briketlerin Fiziksel Özellikleri

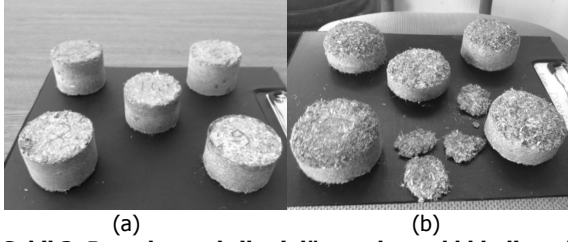
Hidrolik pres makinasında elde edilen pamuk sapı briketlerin briket kalitesi ile ilgili olarak fiziksel test sonuçları Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4'te görüldüğü gibi briket kalitesinin önemli göstergelerinden biri olan briket yoğunluğu hem ham madde yoğunluğunun düşük olması hem de yapıştırıcı madde kullanılmamasına rağmen oldukça yüksek değerde bulunmuştur. Briket yoğunluğu hammadde yoğunluğu ile karşılaştırıldığında pamuk sapsarı yaklaşık 6 kat daha yüksek yoğunluğuna sıkıştırılabilmıştır. Briket yoğunluğu hidrolik tip briketleme makinaları için verilen yoğunluk değerinin üzerinde elde edilmiş ve bu sonuç briketlerin oldukça iyi olduğunu göstermiştir.

Çizelge 4. Briket kalitesi ile ilgili olarak briketlerin fiziksel özellikleri

Briket	Yoğunluk (kg/m ³)	Nem içeriği (%)	Düşme-Dayanıklılık Direnci (%)	Kırılma Direnci (%)	Su Alma Direnci (%)
Pamuk sapı	1006	11.93	80.59	96.69	74.36

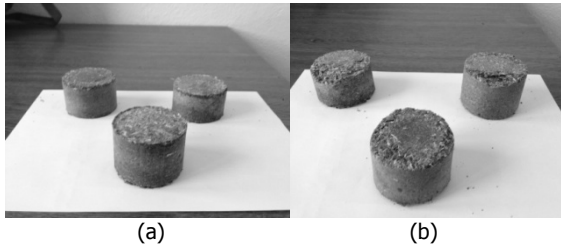
Düşme-dayanıklılık direnci sonuçlarına göre briketler oldukça sağlam yapıdadır. Briketlerin düşme-dayanıklılık direnci %80.59 olarak belirlenmiştir. Pamuk sapı briketlerinin düşme-dayanıklılık direnci testi öncesi ve sonrası görünüşleri Şekil 3' de verilmiştir.



Şekil 3. Pamuk sapı briketi düşme dayanıklılık direnci test öncesi (a) ve sonrası (b) görünüşleri

Şekilde görüldüğü gibi düşme-dayanıklılık testi sonucunda briketlerin test düzeneği iç yüzeylerine ve birbirlerine çarpmaları sonucu briket yüzeylerinden parçacık dökülmelerinin ve bazı briketlerin üst kısımlarından kırılmalar sonucu parçacık kopmalarının olduğu görülmüştür. Briket yüzeylerinde herhangi bir çatlama olmamıştır. Kırılan parçalar 20 mm'lik elekten geçirilmiş ve elek üzerinde kalan parçalar kayıp olarak değerlendirilmemiştir. Düşme-dayanıklılık direnci testinde briketlerin hem yüzeylere hem de birbirlerine test süresince çarpmaları briketlerde meydana gelen kayıpları artırmıştır.

Kırılma direnci sonuçları incelendiğinde pamuk sapı briketlerin kırılmaya karşı dirençlerinin, düşme-dayanıklılık direncine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Test sonunda briketlerin kırılmaya karşı dayanımı %96.69 olarak belirlenmiştir. Kırılma direnci testi öncesi ve sonrası briketlerin görünüşleri şekil 4'te verilmiştir.

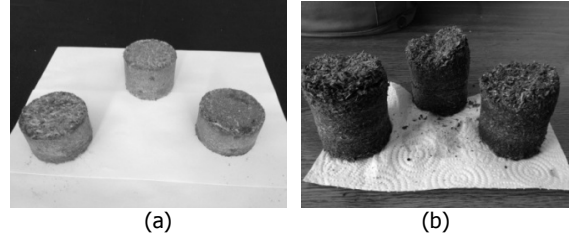


Şekil 4. Briketlerin kırılma direnci öncesi (a) ve sonrası (b) görünüşleri

Test sonucunda briketlerin uçlarında sert yüzeye çarpmalar sonucu sadece ufalanmaların meydana

geldiği ancak herhangi bir kırılma ve parçalanma oluşmadığı gözlenmemiştir. Düşme-dayanıklılık ve kırılma direnci için sayısal değer vermek oldukça zordur ve bununla ilgili bir çalışma yürütülmemiştir. Ancak Eriksson ve Prior (1990), briket dayanıklılığı için 0.5-1.0 arasında bir değerlendirmeye tutulabileceğini belirtmiştir. Elde edilen sonuçlar 1 (bir) değerine yaklaştıkça briketlerin kalitesi de o derece artmaktadır. Pamuk sapı briketleri için elde edilen düşme-dayanıklılık ve kırılma direnci değerleri 1 (bir) değerine yakın olduğu için briket kalitesinin son derece yüksek olduğu belirlenmiştir.

Su alma direnci değeri kırılma ve düşme-dayanıklılık dirençlerine göre daha düşük olmasına karşın yine de kabul edilebilir bir briket kalitesi için literatürde verilen (CRA, 1987) değerin oldukça üzerinde olmasından dolayı yüksek olduğu belirlenmiştir (%74.36). Dolayısı ile briketler su almaya karşı yüksek bir dirence sahiptir. Briketlerin su alma direnci test öncesi ve sonrası görünüşleri Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Briketlerin su alma direnci öncesi (a) ve sonrası (b) görünüşleri

Şekillerde görüldüğü gibi su alma direnci testi sonucunda briketlerin su almasına bağlı olarak şişmeler meydana gelmiş ancak briketlerde tam bir dağılıma görülmemiştir.

Briket kalitesi ile ilgili olarak fiziksel test sonuçları bir bütün olarak incelendiğinde briketlerin hem yoğunluk hem de kırılma, düşme-dayanıklılık ve su alma dirençleri açısından oldukça iyi olduğu görülmüştür. Briketler kapalı ortamda çevre şartlarında yaklaşık 4 ay sonra yapılan gözlemlerde fiziksel bir değişiklik izlenmemiştir. Hidrolik tip preslerde briket fiziksel özellikleri materyal çeşidine, materyal parçacık boyutuna nem içeriğine, sıkıştırma basıncına, basınç uygulama zamanına, sıkıştırma sıcaklığına, kalıp kısmına ısıtma sistemi eklenmesine ve yapıştırıcı madde kullanılıp kullanılmamasına bağlı

olarak değişmektedir (Demirbaş, 1999; Chin ve Siddiqui, 2000; Li ve Liu, 2000; Yumak vd 2001; Husain vd 2002; Suhagar vd 2006). Dolayısı ile daha yüksek briket yoğunluğu, düşme-dayanıklılık direnci, kırılma direnci ve su alma direnci elde etmek için bu tür tarımsal atıkların daha yüksek sıkıştırma basınçlarında, daha düşük nem içeriklerinde, daha küçük parçacık boyut dağılımlarında ve yapıştırıcı madde kullanılarak briketlenmesi gerekmektedir. Buna ek olarak kalıp kısmına ısıtma sisteminin eklenmesi biyokütle içerisinde bulunan ligninin serbest konuma geçerek doğal yapıştırıcı görevi görmesini sağlayacağından elde edilecek briketlerin tüm kalite özellikleri açısından daha iyi olmasını sağlayacaktır. Ayrıca briketlerin briketleme işlemi sonucu ambalajlanması depolama, taşıma ve nakliye süresince daha iyi korunmalarını sağlayacak diğer bir deyişle briketlerin yakılmaya kadar daha sağlam olarak kalmalarını sağlayacaktır.

Pamuk sapı gibi benzer özelliklere sahip tarımsal atıkların hidrolik tip briketleme makinelerinde herhangi bir yapıştırıcı madde kullanılmadan briketlenmesi mümkündür. Elde edilen briketler evsel ısıtma ve yemek pişirme amaçları için mevcut geleneksel sobalarda herhangi bir ek düzenlemeye gerek kalmaksızın yakılabilir. Ayrıca bu briketlerin sera ısıtmasında sobalarda ve gelişmiş ısıtma sistemlerinde de kullanılabilir. Ek olarak bu tür tarımsal atıklardan elde edilen briketlerin termik santrallerde elektrik

üretimi için yakılan kömür ile birlikte yakılması kömür kullanımından kaynaklanan sera gazı emisyonlarını azaltacak aynı zamanda ülkemizin enerjide dışa bağımlılığının azalmasına katkı sağlayacaktır.

SONUÇLAR

Pamuk saplarının hidrolik tip pres makinesinde briketlenmesi ile elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Pamuk saplarının herhangi bir katkı maddesi kullanılmadan briketlenmesi mümkündür.
- Briket yoğunluğu hidrolik tip presler için verilen sınır değerlerin üzerinde bulunmuştur.
- Briketler düşme-dayanıklılık, kırılma ve su alma direnci açısından oldukça sağlam yapıdadır.
- Briketler uzun bir süre çevre şartlarında bekletilmesine rağmen ilk elde edildiklerindeki gibi sağlamdır.
- Daha yüksek briketleme basıncında ve düşük nem içeriğinde briketleme işlemi briket kalitesini artıracaktır.
- Pamuk saplarının briketlenmesi sonucu kaliteli, temiz ve yenilenebilir bir yakıt elde edilmiştir.
- Briketler ev ve sera ısıtması için geleneksel sobalarda ve gelişmiş yakma sistemlerinde yakılabilir.
- Briketlerin termik santrallerde güç ve ısı üretimi için kömür ile birlikte yakılması mümkündür.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Ayas, C., F. Demirayak, F. Karaosmanoğlu, G. İş, G. Kumbaroğlu, İ. Or, O. Can, , O. Yenigün, Y. Arıkan, (2009), İklim Çözümleri: 2050 Türkiye Vizyonu, X-Press Baskı, İstanbul.
- Başçetinçelik, A., C. Karaca, H.H. Öztürk, M. Kaçra, K. Ekinci, 2005. Agricultural Biomass Potential in Turkey. 9th International and 27th International Conference of CIGR Section IV: The Efficient Use of Electricity and Renewable Energy Sources in Agriculture, 195-199, September 27-29, İzmir-Turkey.
- Chin, O.C. and K.M. Siddiqui, 2000. Characteristics of some biomass briquettes prepared under modest die pressures. *Biomass and Bioenergy*, 18: 223-228.
- CRA, 1987. The Desification of the Biomass. Centre de Rescherches Agronomiques de l'Etat Gembloux.
- Demirbaş, A. 1999. Evaluation of biomass materials as energy sources: Upgrading of tea waste by briquetting process. *Energy Sources*, 21: 215-220.
- Demirbaş, A. (2009), Green Energy and Technology, Biohydrogen Future For Engine Fuel Demands, London, Springer.
- Eriksson, S. and M. Prior, 1990. The briquetting of agricultural wastes for fuel. FAO Environment and Energy Paper 11, FAO of the UN, Rome
- ETKB, 2010. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. <http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpa ges&b=enerji&bn=215&hn=12&nm=384&id=384> Erişim: Mayıs 2012.
- Granada, E., L.M.L. González, J.L. Míguez and J. Moran, 2002. Fuel lignocellulosic briquettes, die design and products study. *Renewable Energy*, 27: 561-573.
- Grover, P.D., S.K. Mishra, 1996. Biomass Briquetting: Technology and Practices. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Bangkok.
- Husain, Z., Z. Zainac, and Z. Abdullah, 2002. Briquetting of palm fibre and shell from the processing of palm nuts to palm oil. *Biomass and Bioenergy*, 22: 505-509.

Pamuk Saplarının Hidrolik Tip Preste Briketlemesi Üzerine Bir Çalışma

- Kürklü, A. ve S. Bilgin, 2007. Pamuk ve susam saplarının briketlenmesi üzerine bir araştırma. Tarım Makinaları Bilim Dergisi, 3 (3): 151-159.
- Li, Y. and H. Liu, 2000. High-pressure densification of wood residues to form an upgraded fuel. Biomass and Bioenergy, 19: 177-186.
- Suhagar, M., G.T. Lope, and S. Shahab, 2006. Specific energy requirement for compacting corn stover. Bioresource Technology, 97: 1420-1426.
- Temmerman, M., F. Rabier, P.D. Jensen, H. Hartmann, and T. BÖHM, 2006. Comparative study of durability test methods for pellets and briquettes. Biomass and Bioenergy, 30: 964-972.
- TÜİK. 2012. Bitkisel üretim istatistikleri, tarım ve orman alanları. Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr> Erişim: Mayıs 2012
- Yumak, H., Uçar, T. ve Altınay, B. 2001. Soda otunun briketlenmesine ilişkin parametrelerin saptanması. Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, s. 467-472, 13-15 Eylül, Şanlıurfa