

Pamuk ve Susam Saplarının Briketlenmesi Üzerine Bir Çalışma

Ahmet KÜRKLÜ, Sefai BİLGİN

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

Özet: Bu araştırmada, pamuk ve susam bitki saplarının katı yakıt olarak kullanılması için briketlenmesi ve briketlerin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bitki saplarının briketlenmesi için 15 kW gücünde konik helezon tip briketleme makinası kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan pamuk ve susam bitki saplarının nem içerikleri sırası ile %8.83 ve %9.55'dir. Elde edilen briketlerin yoğunluğu, kırılma direnci, düşme-dayanıklılık direnci, su alma direnci, nem içeriği ve eşdeğer nem içeriği (hava nemi direnci) belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada, briketleme makinasının kapasitesi belirlenmiş ve enerji tüketim değerleri ölçülmüştür.

Briketleme işlemi süresince ortalama 57 mm çapında 25 mm merkez delikli silindirik briketler elde edilmiştir. Fiziksel testler sonunda briketlerin yüksek kırılma, düşme-dayanıklılık ve su alma direnci ve eşdeğer nem içeriğinden dolayı oldukça sağlam yapıda oldukları belirlenmiştir. Briketleme makinasının ortalama briket üretim kapasitesi ve elektrik enerjisi tüketimi pamuk ve susam sapları için sırasıyla 73 kg/h ve 8.25 kWh, 60 kg/h ve 7.38 kWh olarak bulunmuştur. Pamuk ve susam sapı briketlerinin yoğunlukları birbirine yakın ve oldukça yüksek değerlerde bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Pamuk ve susam sapı, briketleme, fiziksel testler

A Study on Briquetting of Cotton and Sesame Stalks

Abstract: In this research, briquetting of cotton and sesame stalks for the utilization as a solid fuel and determination of briquette physical properties were aimed. A conical screw type briquetting machine with 15 kW electrical motor power for briquetting of plant stalks was used. Moisture contents of cotton and sesame stalks used in the experiments were 8.53% and 9.55%, respectively. Physical properties of briquettes such as briquette density, shatter index, tumbler index, water resistance, moisture content and equivalent humidity content were determined. Average capacity and energy consumption of briquetting machine was also measured.

During the briquetting process, briquettes were produced at the external diameter of 57 mm with a central circular hole of 25 mm. The result of physical tests showed that briquettes produced were quite strong due to high shatter index, tumbler index, water resistance and equivalent humidity content. Average briquette production capacity and electrical energy consumption of briquetting machine were found to be 73 kg/h and 8.25 kWh for cotton stalks, 60 kg/h and 7.38 kWh for sesame stalks. Briquette density values of cotton and sesame stalks were considerably similar and high.

Key words: Cotton and sesame stalk, briquetting, physical tests

GİRİŞ Genel

Türkiye'nin enerji tüketimi, artan nüfus ve gelişmekte olan bir ülke olması nedeniyle hızla artarken, enerji üretimi tüketimi karşılayamamakta ve enerji açığı her yıl artarak devam etmektedir. Enerji üretimi 1990-2005 yılları arasında genelde sabit kalırken (yaklaşık 25000 BTEP), aynı yıllar arasında enerji tüketimi yaklaşık %72 artarak 91776 BTEP'e çıkmış ve 2005 yılı sonunda geçici verilere göre

üretimin tüketimi karşılama oranı %27.5'te kalmıştır (ETKB, 2007). Üretimin tüketimi karşılayamamasının sonucu olarak Türkiye enerjide dışa bağımlı bir ülke haline gelmiş ve ülke ekonomisi bu durumdan olumsuz etkilenmiş ve de etkilenmeye devam etmektedir. Ülkenin sahip olduğu fosil enerji kaynaklarının enerji ihtiyacını karşılayacak düzeyde olmayışı, mevcut linyit kömürlerinin hem düşük ısıl değerli hem de yüksek kükürt ve kül içeriğine sahip olması nedeniyle temiz,

yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ülkemiz için son derece önemlidir. Ayrıca Türkiye, coğrafi yapısı ve geniş üretim alanları ile de yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı açısından da büyük öneme sahiptir.

Ülkemiz yenilenebilir enerji kaynakları açısından büyük bir öneme sahip olmasına karşın, yenilenebilir enerji kaynaklarının genel enerji üretimindeki payı oldukça düşüktür. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde biyokütle enerjisinin toplam enerji üretimindeki payı 2005 yılı için %21 gibi oldukça yüksek, aynı yıl için tüketimdeki payı %5.8 gibi oldukça düşük olmuştur.

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 toplam 23.07 milyon ha işlenebilir tarım alanı ile tarımsal potansiyeli zengin olan bir ülkedir. Bunun 18.11 milyon ha’lık bölümü ekilirken geri kalanı nadasa bırakılmaktadır (TUİK, 2007). Tarımsal üretimin temelini oluşturan ürünlerin (buğday, arpa, tütün, pamuk, pirinç, susam vb.) çok büyük miktarlarda

tarımsal atığı oluşmakta ve yıllık toplam tarımsal atık miktarı yaklaşık 50-65 MTEP’e ulaşmaktadır (Başçetinçelik et al., 2005). Türkiye için tarla ürünleri ve atık miktarları Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1’deki verilere göre tarla ürünlerinin toplam ısı değeri yaklaşık olarak 228 PJ’ dur. Toplam ısı değeri içerisinde mısır %33.4, buğday %27.6 ve pamuk %16.1 ile en fazla paya sahip başlıca 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 gömülmede ya hayvan yemi ve hayvan altlığı olarak kullanılmakta ya da bulunduğu yerde yakılarak ekonomiye kazandırılmadan yok edilmektedir. Bu tür atıkların enerji üretimi amacı ile gerektiği biçimde değerlendirilememesinin temel nedeni düşük yoğunluğa ve yüksek nem içeriğine sahip olmalarıdır. Bundan dolayı evlerde ve endüstriyel alanlarda doğrudan yakılmaları çok etkin olmamakta ve atıkların 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.

Çizelge 1. Türkiye’deki tarla ürünleri ve atık miktarları (Başçetinçelik et al., 2005)

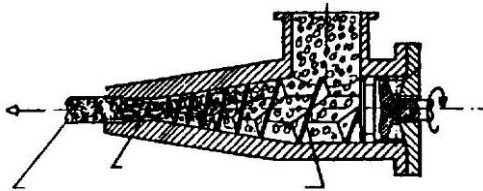
Ürünler	Atıklar	Toplam Atıklar (ton)		Kullanılabilir Atık (ton)	Kullanılabilirlik (%)	Birim Isıl Değeri (MJ/kg)	Toplam Isıl Değeri (GJ)
		Teorik	Gerçek				
Buğday	Saman	29 170 785	23 429 907	3 514 486	15	17.90	62 909 300
Arpa	Saman	9 992 948	8 963 012	1 344 452	15	17.50	23 527 908
Çavdar	Saman	405 188	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	6 137 181	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

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 and 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 briketlenmesi amacıyla helezon, piston ve hidrolik tip briketleme teknolojileri kullanılmaktadır. Helezon ve piston tip teknolojiler biyokütlenin briketlenmesi için en çok kullanılan teknolojiler olup yüksek sıkıştırma veya yapıştırıcı katkısız sıkıştırma teknolojileri olarak da bilinmektedir.

Helezon tip briketleme teknolojisinde, materyal gittikçe daralan bir kalıp içerisinde sıkıştırılmış olarak sürekli çıkarılmaktadır (Şekil 1). Üretilen briketler içinden geçtiği kalıbın yuvarlak olup olmamasına bağlı olarak değişik şekillerde olabilmektedir. Makinanın briketleme kapasitesi vida adımına bağlı olarak 10–30 kg/h arasında değişmektedir.



Şekil 1. Konik silindirik ve helezon tip briketleme makinası

Biyokütlenin briketlenmesi ile ilgili yapılan çalışmalarda değişik tarımsal ve diğer biyokütle atıkları kullanılmış ve elde edilen sonuçlar ortaya konmuştur.

Bu kapsamda buğday samanı, fındık kabukları, çay ve kağıt atıkları (Demirbaş 1999a, 1999b ve 1999c; Li and Liu 2000), odunsu atık ve linyit kömürü karışımları (Beker, 2000), kolza kabukları (Karaosmanoğlu, 2000) ve hurma yağı fabrikalarından atılan hurma lifi ve kabukları (Husain et al., 2002) farklı briketleme basınçlarında hidrolik tip briketleme makinalarında

briketlenmiş, yoğunluk, yapıştırıcı materyal, sıkıştırma basıncı ve nem içeriği gibi fiziksel parametrelerin briket kalitesi için en iyi göstergeler olduğu ve elde edilen briketlerin biyo-yakıt olarak değerlendirilebileceği belirtilmiştir.

Acaroğlu ve ark., (2002) tarafından yapılan çalışmada ise tarımsal atıklar (kanola, yonca, ayçiçeği küspesi, C4 enerji bitkisi olan Miscanthus), linyit kömürü ve bunların karışımları helezon tip briketleme makinasında briketlenmiş ve 3.35 mm'den daha küçük materyallerin daha iyi briketlendiği, kırılmaya, düşme-dayanıklılığa ve su almaya karşı en iyi direncin ayçiçeği + melas karışımının gösterdiği belirtilmiştir.

Yapılan bir başka çalışmada ise hurma, hindistancevizi lifi, yerfıstığı kabuğu, pirinç kapçığı ve talaşı içeren biyokütle materyalleri yapıştırıcı madde (melas ve su) kullanılarak (Chin and Siddiqui, 2000) piston-kalıp presinde briketlenmiş ve briket kalitesinin kalıp basıncı, basınç uygulama zamanı ve yapıştırıcı içeriğinin artması ile arttığı, nem içeriğinin artması ile azaldığı belirtilmiştir.

Yapılan çalışmalarda daha çok hidrolik tip pres makinaları kullanılırken, günümüzde helezon ve piston tip briketleme makinaları ticari olarak daha önemli olmaya başlamıştır.

Çalışmanın amacı

Antalya ilinde 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. Antalya ilinde pamuk ve susam üretimi yapılan alanlardan çıkan tarımsal atık miktarları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Antalya için bazı tarla ürünleri ve atık miktarları

Ürün	Atık	Üretim Alanı (ha)	Kuru bazda atık miktarı (ton/ha)	Toplam Atık Miktarı (ton/yıl)
Pamuk	Sap	8 145	4.10	33 395
Susam	Sap	8 705	7.42*	64 590

(* Sarkar and Pal, 2005)

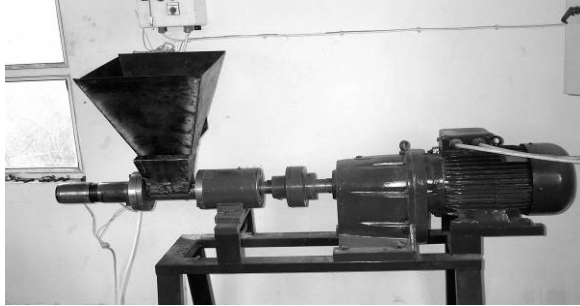
Tarımsal atıklar düşük yoğunluğa ve yüksek nem içeriğine sahip olduklarından enerji eldesi için doğrudan yakılmaları etkin olmamakta ve depolama ve taşımada problemlere neden olmaktadır. Bu nedenle bu atıkların etkin biçimde kullanılması için kurutulduktan sonra preslenerek briket haline getirilmeleri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

Bu çalışmada, tarımsal üretimden sonra ortaya çıkan pamuk ve susam saplarının kurutulup parçalandıktan sonra helezon tip briketleme makinasında briketlenmesi, briket kalitesi ile ilgili olarak fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

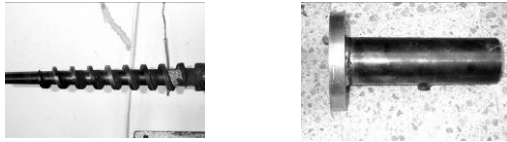
MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Bu çalışmada briketlenecek materyal olarak tarımsal üretimden sonra ortaya çıkan pamuk ve susam sapları kullanılırken (Şekil 2) briketleme sırasında herhangi bir yapıştırıcı madde kullanılmamıştır.



Şekil 3. Konik helezon tip briketleme makinası



Şekil 4a, b. Konik helezon mil ve silindirik kalıp

Briketleme makinasının kalıp kısmının ısıtılması amacıyla termostat kontrollü plaka tip ısıtma sistemi kullanılmıştır.

Düşme-dayanıklılık (tumbler) direncinin belirlenmesi amacı ile ASAE 269.4 standardına göre yapılmış bir test düzeneği kullanılmıştır (şekil 6).

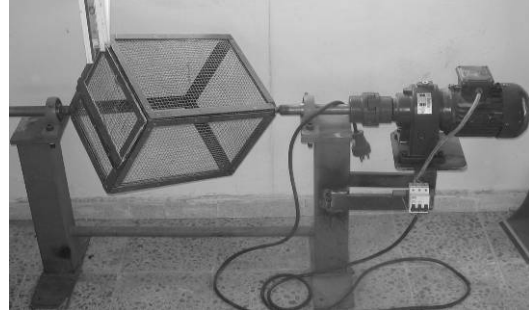


(a) (b)

Şekil 2. Briketlenecek materyal olarak kullanılan pamuk (a) ve susam (b) sapları

Materyallerin parçalanıp briketleme için uygun boyutlara getirilmesinde 2 kW gücünde elektrik motorundan hareket alan, 32 bıçaklı ve elek delik çapı 6 mm olan çekiçli değirmen kullanılmıştır.

Materyallerin briketlenmesinde 15 kW gücünde konik helezon tip briketleme makinası kullanılmıştır (şekil 3). Briketleme makinası, elektrik motoru, redüktör, konik helezon, konik silindirik kalıp (Şekil 4a ve 4b), ve bağlantı elemanlarından oluşmuştur. Makinaya hareket yıldız/üçgen bağlantılı yumuşak yol vericili üç fazlı elektrik motorundan verilmiştir.



Şekil 6. Düşme-dayanıklılık test düzeneği

Tarımsal atıkların ve briketlerin nem içeriğinin belirlenmesinde kurutma fırını (Etüv) ve kül içeriğinin belirlenmesinde ise kül fırını kullanılmıştır.

Briketlerin yoğunluğunun belirlenmesinde yardımcı materyal olarak briketlerin su emmesini engelleyen faz değişim sıcaklığı yaklaşık 45–50 °C ve yoğunluğu 800 kg/m³ olan parafin kullanılmıştır.

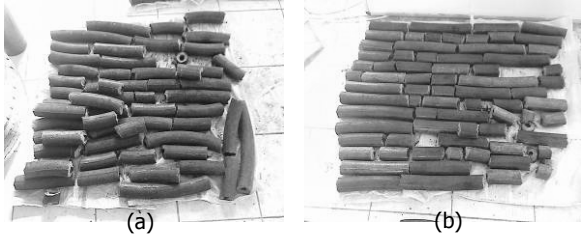
Yöntem

Materyallerin briketlenmesi

Pamuk ve susam bitki sapları tarımsal üretim yapılan alanlardan toplanarak dış ortamda kurutulmuş

ve daha sonra çekikçi değirmende parçalanarak boyutları küçültülmüştür.

Öğütülen materyaller briket eldesi için herhangi bir yapıştırıcı madde kullanılmadan briketleme makinasında briketlenmiştir. Bu amaçla briketleme işlemine geçmeden önce briketleme makinasının kalıp kısmı plakalı tip kalıp ısıtma sistemi ile yaklaşık 200 °C'ye kadar ısıtılmıştır. Daha sonra materyaller briketleme makinasındaki materyal deposuna doldurulmuş ve makineye sürekli olarak beslenmiştir. Materyaller konik helezon tarafından sürekli olarak ötelenme hareketi ile konik silindirik kalıp içerisinde sıkıştırılmış ve helezon tasarımına bağlı olarak 25 mm çapında merkez delikli, ısıtmadan dolayı dış yüzeyi karbonize olmuş 57 mm çapında silindirik briketler elde edilmiştir (şekil 7).



Şekil 7. Pamuk (a) ve susam (b) sapı briketleri

Makina kapasitesi ve elektrik enerjisi tüketimi

Makina kapasitesinin belirlenmesi amacı ile belirli bir miktar materyalin briketlenmesi için geçen süre ölçülmüş ve daha sonra ortalama makina kapasitesi kg/h olarak belirlenmiştir.

Briketleme makinasının elektrik enerjisi tüketimi üç fazlı elektrik sayacı kullanılarak belirlenmiştir. Bunun için makinanın çalışması sırasında elektrik sayacının bir devrini ne kadar sürede tamamladığı ölçülmüş ve sayaç üzerindeki kalibrasyon katsayısı kullanılarak elektrik enerjisi tüketimleri kWh olarak hesaplanmıştır.

Kül içeriğinin belirlenmesi

Kül içeriğinin belirlenmesi amacıyla materyal örnekleri önce kurutma fırınında kurutulmuş daha sonra ASTM D-5142 standardına göre 2 g ağırlığındaki örnekler kül fırınında 550 °C sıcaklıkta ağırlık sabit kalıncaya kadar (24 saat) yakılmıştır.

Briket kalitesi ile ilgili özellikler ve testler

Briketlerin fiziksel testleri ile ilgili olarak yoğunluk, kırılma (shatter) direnci, düşme-dayanıklılık (tumbler) direnci, su alma direnci, nem içeriği, eşdeğer nem

içeriği (hava nemi direnci) belirlenmiştir. Testlerden önce briketler 7 gün süre ile kapalı ortamda çevre şartlarında bekletilmiştir.

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

— Yoğunluk

Briketleme öncesi materyal yoğunluğunun belirlenmesi amacıyla hacmi belirli bir beher kabına materyaller belirli bir yükseklikten (yaklaşık 4 cm) doldurulmuş ve doldurulan materyalin ağırlığı tartılarak kaydedilmiştir. Materyal yoğunluğu materyal ağırlığının kabın hacmine bölünmesi ile hesaplanmıştır.

Briket yoğunluğunun belirlenmesi amacı ile ise su yer değiştirme yöntemi kullanılmıştır. Briketlerin su emmesini engellemek amacı ile briketler parafinle kaplanmıştır (şekil 8). Briketler parafinle kaplanmadan önce ve yaklaşık 70 °C sıcaklıktaki parafine batırıldıktan sonra tartılarak ağırlıkları kaydedilmiştir. Parafinli briketler daha sonra suya daldırılmış ve yer değiştiren suyun miktarı ölçülerek parafinli briketlerin hacmi kaydedilmiştir. Her bir briketin hacmi ise parafinle kaplanmış briketin hacminden kaplanmış parafin hacminin çıkarılması ile bulunmuştur. Kaplayıcı parafin hacmi, ağırlığının parafin yoğunluğuna bölünmesi ile bulunmuş ve briketin yoğunluğu briketin orijinal ağırlığının hacmine bölünmesi yoluyla hesaplanmıştır.



Şekil 8. Parafinle kaplanmış pamuk (a) ve susam (b) sapı briketleri

— Kırılma (shatter) direnci

Kırılma direncinin belirlenmesinde, briketler test öncesi tartılmış ve ağırlıkları kaydedilmiştir. Daha sonra briketler 1 m yükseklikten 10 kez yere düşürülmüş ve tekrar tartılarak ağırlıkları kaydedilmiştir. Kırılma sonucu meydana gelen kayba bağlı olarak kırılma direnci yüzde (%) olarak hesaplanmıştır.

— Düşme-dayanıklılık (tumbler) direnci

Bu testte, 5 briket test düzeneğine yerleştirilmeden önce tartılmış ve ağırlıkları kaydedilmiştir. Daha sonra briketler test düzeneğinde 3 dakika süreyle 40 min⁻¹ ile

döndürülmüş ve döndürme işleminin sonunda briketler tekrar tartılarak ağırlıkları kaydedilmiştir. Meydana gelen ağırlık kaybına bağlı olarak düşme-dayanıklılık direnci yüzde olarak hesaplanmıştır.

—Su alma direnci

Su alma direnci suyun içine daldırılan briket tarafından absorbe edilen suyun yüzde olarak ölçüsüdür. Briket ağırlıkları suya daldırılmadan önce tartılarak kaydedilmiştir. Daha sonra her bir briket yaklaşık 11 °C sıcaklıktaki soğuk şebeke suyuna daldırılmış ve 1. ve 2. dakikanın sonunda tekrar tartılarak ağırlıkları kaydedilmiştir. Ağırlıktaki artışa bağlı olarak su alma direnci 1. ve 2. dakika sonu için yüzde olarak hesaplanmıştır.

— Nem içeriği

Materyallerin ve briketlerin nem içeriğinin belirlenmesi amacıyla materyal ve briket örnekleri 105 °C'de 24 saat süreyle kurutma fırınında kurutulmuştur. Kurutmadan önce ve sonra örnekler tartılmış ve ağırlıkları kaydedilmiştir. Oluşan ağırlık farkının kurutmadan önceki ağırlığa bölünmesi ile yüzde olarak nem içeriği belirlenmiştir.

— Eşdeğer nem içeriği (hava nemi direnci)

Bu testte elde edilen briketler 21 gün süreyle kapalı ortamda çevre şartlarında bekletilmiştir. Bekletme öncesi ve sonrası briket ağırlıkları tartılarak kaydedilmiştir. Ağırlık artışına bağlı olarak briketlerin eşdeğer nem içerikleri belirlenmiştir.

Denemelerde kullanılan materyallere özellikler çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Deneme materyallerinin özellikleri

Materyal	Nem İçeriği		Yoğunluk		Kül İçeriği
	(%)		(kg/m ³)		(%)
Pamuk Sapı	8.83		163.00		5.35
Susam Sapı	9.55		117.00		5.21
Elek Analizi					
	0-1	1-2	2-2.8	2.8-4	4<
	mm	mm	mm	mm	mm
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Pamuk Sapı	46.83	41.61	9.29	2.02	0.25
Susam Sapı	19.16	56.17	20.00	4.40	0.27

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Makina Kapasitesi ve Elektrik Enerjisi Tüketimi

Pamuk ve susam sapları için briketleme makinasının kapasitesi ve elektrik enerjisi tüketim değerleri çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Briketleme makinası kapasitesi ve enerji tüketim değerleri

Ürün	Makina kapasitesi (kg/h)	Enerji tüketimi (kWh)	Özgül enerji tüketimi (kWh/kg)
Pamuk Sapı	73.00	8.25	0.11
Susam Sapı	60.00	7.38	0.12

Çizelge 4'te de görüldüğü gibi makina kapasitesi, pamuk sapı için susam sapına göre daha yüksek bulunmuştur. Bunun temel nedeninin ise pamuk sapı için hem materyal yoğunluğunun daha yüksek ve nem içeriğinin daha düşük hem de parçacık boyut dağılımının daha küçük olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür. Ayrıca susam sapı materyallerinin materyal deposundan olan doğal akışının pamuk sapı materyallerine göre düşük yoğunluk ve daha büyük parçacık boyut dağılımından dolayı oldukça yavaş olduğu gözlemlenmiş ve bu da makina kapasitesini olumsuz yönde etkilemiştir. Bu tür materyaller için makina kapasitesi hem briket çapının ve helezon mil devrinin artırılması hem de parçacık boyutunun daha da küçültülmesi ile artırılabilir.

Briketleme makinasının elektrik enerjisi tüketimine bakıldığında ise pamuk sapı için toplam enerji tüketiminin daha yüksek olmasına rağmen makina kapasitesinin yüksek olmasından dolayı özgül enerji tüketimi daha düşük bulunmuştur. Dolayısı ile makina kapasitesinin artması toplam enerji tüketimini artırırken özgül enerji tüketimini düşürmüştür. Her iki materyalin briketlenmesi için de özgül enerji tüketiminin, pirinç kabuğunun briketlenmesi (Bhattacharya et al., 2002) ile elde edilen ortalama değerden (0.172 kWh/kg) daha da düşük olduğu görülmüştür.

Briketlerin Fiziksel Özellikleri

Pamuk ve susam saplarından elde edilen briketlerin kalitesi ile ilgili olarak fiziksel test sonuçları çizelge 5'te verilmiştir.

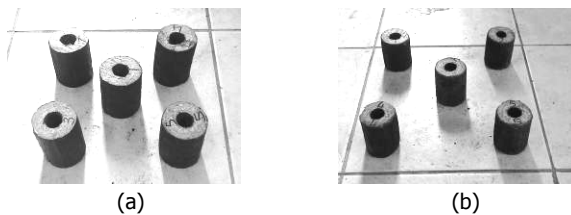
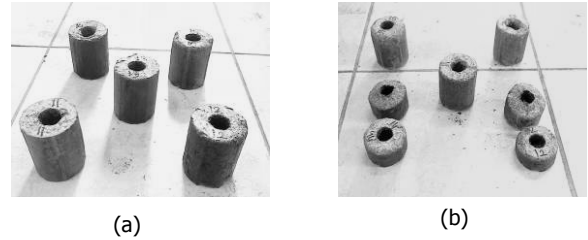
Çizelge 5. Briket kalitesi ile ilgili olarak briketlerin fiziksel özellikleri

Briket	Yoğunluk (kg/m ³)	Nem içeriği (%)		Düşme-dayanıklılık direnci (%)	Kırılma direnci (%)	Su alma direnci (%)		Hava nemi direnci (%)
		Briket çıkış anı	7. gün sonu			1.dak	2.dak	
Pamuk Sapı Briketi	1 157	4.84	6.80	98.66	99.39	92.97	81.15	95.52
Susam Sapı Briketi	1 153	4.85	6.56	96.00	97.82	96.91	89.62	95.92

Çizelge 5'te görüldüğü gibi briket kalitesinin önemli göstergelerinden biri olan briket yoğunluğu pamuk ve susam sapı briketleri için materyal yoğunluklarının düşük olmasına ve yapıştırıcı madde kullanılmamasına rağmen oldukça yüksek ve birbirine yakın değerlerde bulunmuştur. Briket yoğunlukları, materyal yoğunlukları ile karşılaştırıldığında pamuk sapsarı yaklaşık 7 kat, susam sapsarı ise 10 kat daha yüksek yoğunluğa sıkıştırılabilmektedir. Bu da yapılan briketleme işleminin oldukça başarılı olduğunu göstermektedir.

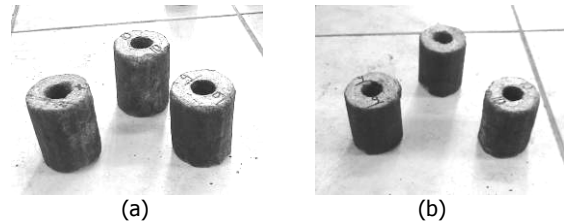
Briketlerin nem içeriklerine bakıldığında briketlerin briketleme makinasından çıkış anında nem içerikleri kalıp ısıtma sisteminden dolayı hemen hemen yarı yarıya düşmüş, kapalı bir ortamda çevre hava şartlarında bekletilmesinden dolayı 7.gün sonunda biraz artmış yine de briketleme öncesi materyal nem içeriklerinin altında kalmıştır. Her iki briket için de briket çıkış anında nem içeriğinin hemen hemen aynı olmasına rağmen 7. gün sonunda nem içeriğindeki artış susam sapı briketlerinin dış yüzeyinin daha parlak olmasından dolayı pamuk sapı briketine göre daha az olmuştur.

Briketlenen materyallerin düşme-dayanıklılık dirençleri için elde edilen sonuçlar briketlerin oldukça sağlam yapıda olduğunu göstermiştir. Pamuk ve susam sapı briketlerinin düşme-dayanıklılık direnci test öncesi ve sonrası görüntüleri şekil 9 ve 10'da verilmiştir.

**Şekil 9. Pamuk sapı briketi düşme-dayanıklılık direnci test öncesi (a) ve sonrası (b) görüntüleri****Şekil 10. Susam sapı briketi düşme-dayanıklılık direnci test öncesi (a) ve sonrası (b) görüntüleri**

Düşme-dayanıklılık direnci test sonunda pamuk sapı briketlerinde herhangi bir parçalanma meydana gelmezken (şekil 9), susam sapı briketlerinden bazılarının test sonunda orta noktalarından kırıldıkları görülmüş (şekil 10) fakat kırılan parçaların 20 mm'lik elek üzerinde kalması nedeni ile kayıp olarak değerlendirilmemiştir. Her iki briket için de meydana gelen kayıplar ısınmadan dolayı briket yüzeyinde oluşan karbonlaşmış kısımdaki dökülmelerden oluşmuş ve düşme-dayanıklılık direnci açısından en iyi dayanımı pamuk sapı briketi göstermiştir.

Briketler kırılma direnci açısından değerlendirildiğinde ise elde edilen sonuçlar briketlerin kırılmaya karşı dirençlerinin düşme-dayanıklılık direncinde olduğu gibi yüksek olduğunu göstermiştir. Şekil 11 ve 12'de pamuk ve susam sapı briketlerinin kırılma direnci test öncesi ve sonrası görüntüleri verilmiştir.



Şekil 11. Pamuk sapı briketi kırılma direnci test öncesi (a) ve sonrası (b) görünüşleri

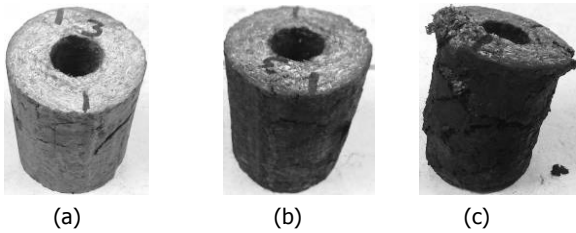


Şekil 12. Susam sapı briketi kırılma direnci test öncesi (a) ve sonrası (b) görünüşleri

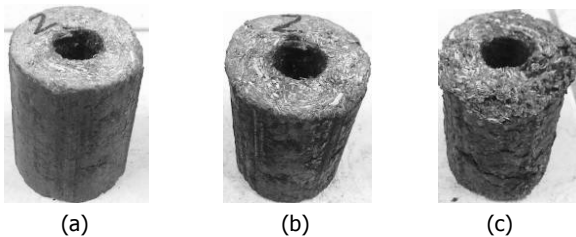
Pamuk sapı briketlerinde kırılma direnci testi sonunda kırılma meydana gelmezken, susam sapı briketlerinden bazılarının test sonunda düşme-dayanıklılık direnci testi sonunda olduğu gibi bazı kırılmalar meydana gelmiş fakat 20 mm'lik elek üzerinde kalan parçalar kayıp olarak değerlendirilmemiştir. Kırılma direnci açısından da en yüksek dayanımı yine pamuk sapı briketi göstermiştir.

Sonuç olarak materyal boyut dağılımı küçüldükçe briketlerin hem düşme-dayanıklılık hem de kırılmaya karşı gösterdikleri direnç artmış ve elde edilen sonuçlar Acaroğlu et al., (2002) tarafından yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar ile benzerlik göstermiştir.

Briketlerin su almaya karşı gösterdikleri direnç açısından çizelge 5 incelendiğinde, düşme-dayanıklılık ve kırılma direncinin tersine susam sapı briketlerinin dış yüzeyinin daha kaygan ve parlak olmasından dolayı daha iyi olduğu belirlenmiştir. Şekil 13 ve 14'te pamuk ve susam sapı briketlerinin su alma direnci test öncesi ve sonrası görünüşleri verilmiştir.



Şekil 13. Pamuk sapı briketi su alma direnci test öncesi (a) ve 1. (b) ve 2. (c) dakika sonu görünüşü



Şekil 14. Susam sapı briketi su alma direnci test öncesi (a) ve 1. (b) ve 2. (c) dakika sonu görünüşleri

Şekillerde de görüldüğü gibi su alma direnci testinde hem 1. hem de 2. dakika sonunda her iki briket için de, eğer briket üretimi sırasında briket dış yüzeyinde çatlaklar meydana gelmemiş ise, su alma sonucu şişmelerin genellikle briket uç köşelerinde meydana geldiği görülmüştür. Yapılan test çalışmalarında da (CRA, 1987), kabul edilebilir bir briket kalitesi için her dakika sonunda briket ağırlığında %50'den daha az bir artışın olması gerektiği belirtilmiştir. Bu veriler ışığında elde edilen briketlerin son derece sağlam olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca test sırasında briketlerin su içerisinde ne kadar sürede briket özelliğini kayb ettikleri belirlenmiştir. Test sonunda briketler 15. dakikanın sonunda bile dış yüzeyinin karbonize olmasından dolayı su içerisinde tamamiyle dağılmadan kalabilmişlerdir.

Son olarak, elde edilen briketler hava nemi dirençleri açısından incelendiğinde 21. gün sonunda bile briketlerin ağırlıkça çok fazla değişmediği ve ilk elde edilmişlerindeki gibi oldukça sağlam olarak kalabildikleri belirlenmiştir.

Genel olarak briketlerin fiziksel özelliklerine bakıldığında, mevcut koşullarda herhangi bir yapıştırıcı madde kullanmaksızın bu tür atıkların yüksek kalitede briketlenebileceği ve iyi bir ambalajlama ile depolama ve taşımada çok fazla kayıpların meydana gelmeyeceği ve kapalı çevre şartlarında depolanması ile de uzun bir süre briket özelliklerini koruyabilecekleri söylenebilir. Ayrıca elde edilen briketlerin evsel ve özellikle sera ısıtmasında odun ve kömür yerine kaliteli, temiz ve yenilenebilir bir yakıt olarak kullanılabilirliği söylenebilir.

SONUÇLAR

Tarımsal üretimden sonra ortaya çıkan pamuk ve susam saplarının kurutulup parçalandıktan sonra helezon tip briketleme makinasında briketlenmesi ve briket kalitesi ile ilgili olarak fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacı ile yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Briketleme makinası kapasitesi pamuk ve susam sapı için sırası ile 73 kg/h ve 60 kg/h'tir.
- Briketleme sisteminin toplam elektrik enerjisi tüketimi susam sapı için, özgül elektrik enerjisi

- tüketimi ise pamuk sapı için daha düşük olarak belirlenmiştir.
- Briket yoğunlukları oldukça yüksek ve birbirine yakın değerlerde bulunmuştur.
 - Düşme-dayanıklılık ve kırılma dirençleri için elde edilen sonuçlar briketlerin oldukça sağlam yapıda olduğunu göstermiştir.
 - Düşme-dayanıklılık ve kırılmaya karşı en iyi direnci pamuk sapı briketi göstermiştir.
 - Materyal boyut dağılımının küçülmesi briketlerin düşme-dayanıklılık ve kırılmaya karşı gösterdiği direnci artırmıştır.
 - Briketlerin su alma ve hava nemi dirençleri açısından oldukça sağlam yapıda oldukları belirlenmiş ve su almaya karşı en iyi direnci susam sapı briketi göstermiştir.
 - Briketler kapalı ortamda uzun bir süre ilk elde edildiklerindeki gibi sağlam kalmışlardır.
 - Tarımsal ve diğer biyokütle atıklarının herhangi bir yapıştırıcı madde kullanılmadan bu tip briketleme makinaları ile briketlenebileceği görülmüştür.
 - Atıkların briketlenmesi ile temiz, kaliteli ve yenilenebilir bir yakıt elde edilmiştir.
 - Briketlerin evsel ve sera ısıtması için geleneksel sobalarda yakılması mümkündür.

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, 819-831, 16-18 Ekim, İstanbul.
- Başçetinçelik, A., C. Karaca, H.H. Öztürk, M. Kaçra, K. Ekinci, 2005. Agricultural Biomass Potential in Turkey. 9th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture 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.
- Beker, Ü.G., 2000. Briquetability of Lignite and Woody Wastes Composite Fuel. Energy Sources, 22, 99-107.
- Bhattacharya, S.C., M.A. Leon, Md.M. Rahman, 2002. A Study on Improved Biomass Briquetting. Energy for Sustainable Development 4 (2): 106-110.
- Chin, O.C., K.M. Siddiqui, 2000. Characteristics of Some Biomass Briquettes Prepared Under Modest Die Pressures. Biomass and Bioenergy, 18, 223-228.
- CRA, 1987. The Densification of the Biomass. Centre de Rescherches Agronomiques de l'État Gembloux.
- Demirbaş, A., 1999a. Evaluation of Biomass Materials as Energy Sources: Upgrading of Tea Waste by Briquetting Process. Energy Sources, 21, 215-220.
- Demirbaş, A., 1999b. Physical Properties of Briquettes from Waste Paper and Wheat Straw Mixtures. Energy Conversion and Management, 40, 437-445.
- Demirbaş, A., 1999c. Properties of Charcoal Derived from Hazelnut Shell and the Production of Briquettes Using Pyrolytic Oil. Energy, 24, 141-150.
- ETKB, 2007. Türkiye'nin Enerji Raporu. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. <http://www.enerji.gov.tr>, Erişim: Mart 2007.
- 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, Z. Abdullah, 2002. Briquetting of Palm Fibre and Shell from the Processing of Palm Nuts to Palm Oil. Biomass and Bioenergy, 22, 505-509.
- Karaosmanoğlu, F., 2000. Biobriquetting of Rapeseed Cake. Energy Sources, 22, 257-267.
- Li, Y., H. Liu, 2000. High-Pressure Binderless Compaction of Waste Paper to Form Useful Fuel. Fuel Processing Technology, 67, 11-21.
- Sarkar, R., P.K. Pal, 2005. Effect of Crop Geometry, Fertility Level and Nipping on Physiological Parameters in Relation to Productivity of Sesame (*Sesamum Indicum*). Indian Journal of Agricultural Science, 75 (3): 143-146.
- TUİK, 2007. Tarım ve Orman Alanları. Türkiye İstatistik Kurumu. http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=131 Erişim: Mart 2007.