



Hatay İlinde Yakacak Olarak Kullanılan Pirina Briketinin Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi^A

Kadriye HATİPOĞLU¹, Cengiz KARACA^{2*}

Öz: Çalışmada; Hatay ilinde yakacak olarak satışa sunulan pirinanın kalite özellikleri ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın yayınladığı katı yakıtların kontrolü tebliğinde Ek-1 Katı Yakıt Özellikleri tanımlarında Pirina Briketi Özelliklerine uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Bu amaçlarla materyal olarak çeşitli işletmelerden alınan pirinanın özgül kütle, nem içeriği, yağ miktarı, Na içeriği, su alma direnci, deformasyon kuvveti direnci, ısı değeri, kül içeriği ve elementel analizi yapılmıştır. Belirlenen bu özelliklere göre işleme lisansına sahip imalatçılar tarafından üretilen briketlerin tebliğde belirtilen değerlere uygun olduğu tespit edilmiştir. Fakat üretim lisansı olmayan üreticiler tarafından üretilen pirina briketlerinin yağ içeriği ve ısı değeri özellikleri bakımından tebliğe uymadığı belirlenmiştir. Lisanssız yakacak pirina briketi üretimi sonucunda yaklaşık 1000 ton zeytinyağı kaybının olduğu belirlenmiştir. Ayrıca briketlerin bazı fiziksel özelliklerine bakıldığında lisanssız üretimin lisanslı üretilen briketlerden daha kötü bir briketleme kalitesine sahip oldukları görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Pirina, Briket Kalitesi, Hatay.

^A Yayın yüksek lisans tezinden yapılmıştır.

¹ Kadriye HATİPOĞLU, Nurdağı Gıda Tarım ve Hayvancılık İlçe Müdürlüğü Nurdağı/Gaziantep, Türkiye, e-postal@posta.posta, OrCID 0000-0002-4974-7581

^{*} **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ² Cengiz KARACA, Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Hatay, Türkiye, ckaraca@mku.edu.tr OrCID 0000-0001-5161-1512

Determination of Quality Characteristics of Olive Pomace Briquette Used as A Fuel in Hatay Province

Abstract: In this study; it was checked the quality characteristics of the olive pomace which offered as a fuel for sale in the province of Hatay and whether it is appropriate with the communiqué of solid fuel control published by the Ministry of Environment and Urbanization in accordance with Olive Pomace Briquette Specifications in Annex-1 Solid Fuel Specification Definitions. For these purposes the specific mass, moisture content, the amount of oil, Na content, water absorption resistance, deformation force resistance, calorific value, ash content and ultimate analysis of the olive pomace taken from various manufacturers were determined. According to these specifications, it has been determined that briquettes produced by the manufacture having a processing license are in conformity with the values specified in the communiqué. However, it has been determined that the briquettes produced by manufacturers without a production license do not comply with the communiqué in terms of oil content and thermal value. As a result of the unlicensed production of prina briquettes, it was determined that approximately 1000 tons of olive oil loss occurred. In addition, some of the physical characteristics of briquettes have shown that unlicensed production has a worse briquetting quality than licensed briquettes.

Key Words: Olive pomace, briquette quality, Hatay.

Giriş

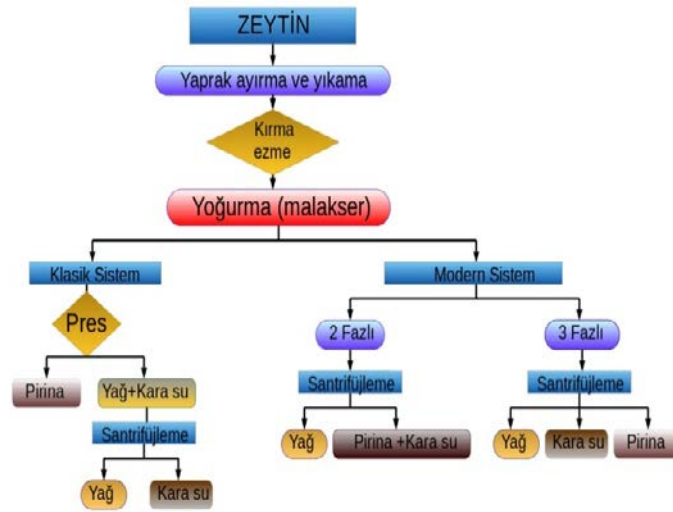
Dünya nüfusu arttıkça yıllık enerji ihtiyacı da nüfus artışına paralel olarak hızla artmaktadır. Dünya mevcut enerji tüketiminin % 90'ını fosil yakıtlar karşılamaktadır. Fosil yakıtların yanması sonucu oluşan ve atmosfere verilen kirletici emisyonlarla beraber sera etkisi yaratarak iklim değişikliğine neden olan CO₂ emisyonları çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir. Bu olumsuz etkiler yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının önemini arttırmaktadır. Genel olarak biyokütle enerjisi; doğada yaygın olarak mevcut tarımsal kökenli ürünlerden; değişik fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerle üretilen, ticari özelliğe sahip, temel ve belirli özellikleri standartlaştırılmış olan katı, sıvı ve gaz halindeki bitkisel enerji kaynaklarıdır (Horuz ve ark., 2015).

Ülkemizde gerek tarımsal ürünleri işleyen, gerekse tarımsal aktivitede bulunan çeşitli işletmelerden her yıl önemli oranda ve değişik özelliklere sahip organik atıklar ortaya çıkmaktadır. Bu atıklardan biri de zeytin bitkisinden elde edilen zeytinyağı eldesinden sonra arta kalan zeytin katı atığı olan pirinadır. Ülkemizde zeytin yetiştiriciliğinde yağlık zeytin üretimin % 49'u Ege Bölgesinde, % 26.6'sı Akdeniz Bölgesi'nde, % 12.1'i Marmara Bölgesi'nde ve % 12.3'ü Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde gerçekleştirilmektedir (TÜİK, 2016).

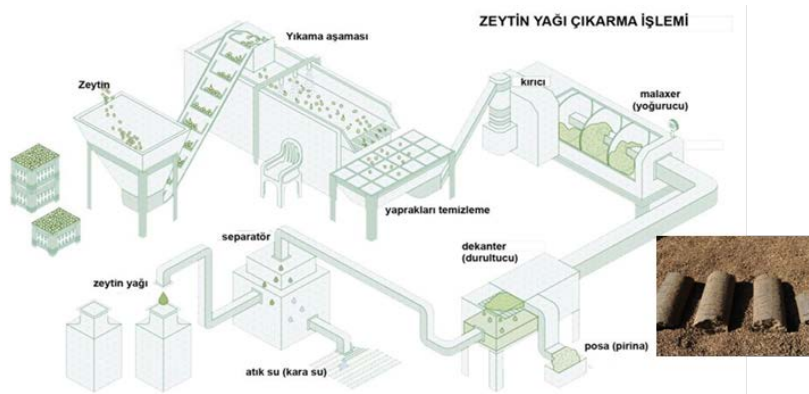
Zeytinyağı üretiminde klasik ve modern üretim yöntemleri olmak üzere iki yöntem mevcuttur. Her iki yöntemde de yağın yanı sıra kara su ve pirina olarak isimlendirilen atıklar oluşmaktadır (Şekil 1). Modern üretim

yönteminde 2 fazlı ve 3 fazlı olmak üzere iki farklı yöntem uygulanmaktadır. En yaygın kullanılan sistem 3 fazlı sistemdir. Bu sistemde yağ, prina ve karasu olarak üç ürün çıkmaktadır (Şekil 2).

Pirina zeytinyağı fabrikalarının bir atığı olup Akdeniz ülkelerinde görülen önemli bir biyokütledir. Zeytinyağı üretiminden geriye kalan zeytin çekirdeği ve posasından oluşan bir katı atıktır. İçeriği bakımından önemli bir biyokütle yakıtı olarak kullanılabilir. Ortalama 100 kg zeytinden 20-25 kg zeytinyağı ve 40-45 kg yaş prina elde edilebilmektedir. Geleneksel pres veya sürekli santrifüjleme işlemi uygulayan zeytinyağı fabrikalarından elde edilmesine bağlı olarak iki tip prina çeşidi bulunmaktadır. Söz konusu iki tip prina sırasıyla % 25-30 ve % 45-55 nem içermeleri ile birbirinden ayrılmaktadır.



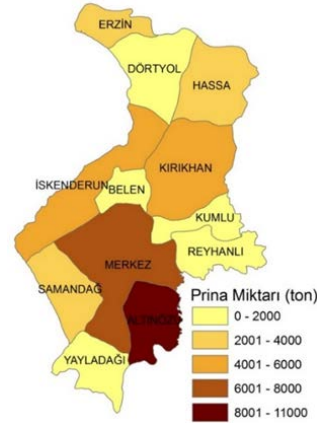
Şekil 1. Zeytinyağı üretim yöntemleri (Karaca ve ark., 2015)



Şekil 2. Zeytinyağı 3 fazlı üretim sistemi (Karaca ve ark., 2015)

Modern sürekli sistemlerden elde edilen prina klasik sistemlerden gelen prinaya oranla daha çok nem ve daha az yağ içerdiği için daha düşük ticari değer taşımaktadır (Başkan, 2010). Pirinanın elementel analizinin belirlenmesi, yakılacağı sistemlerin özellikleri, yakıtın yakılması durumunda baca gazı kirleticilerinin belirli sınırlar arasında olması gerekmektedir.

Hatay'ın zeytin yetiştiriciliği yapan güney illeri arasında önemli bir potansiyel bulunmaktadır. Hatay'ın yağlık zeytin üretiminin beş yıllık ortalaması yaklaşık 130 bin olarak belirlenmiştir. Bu miktarın işlenmesi sonucunda ortaya çıkan ve yakacak olarak kullanılabilir durumda olan pirina miktarı ise 39 bin ton olarak hesaplanmıştır. Bu atıkların Altıözü ve Merkez ilçelerinde yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 3). Hatay'da zeytinyağı çıkarma sonucunda ortaya çıkan pirina atıklarının toplam enerji potansiyeli 700 TJ' ü bulmaktadır. Bu enerji potansiyelinin petrol eşdeğeri ise 16,700 tona karşılık gelmektedir (Karaca ve ark., 2015).



Şekil 3. Hatay'ın pirina atık miktarının ilçelere göre dağılımı (Karaca ve ark., 2015)

Elde edilen pirinanın nem ve yağ içeriği de üretim yöntemine göre değişmektedir. 3 fazlı sistemde üretilen pirinanın içeriğinde % 2-6 arasında yağ ve % 35-50 arasında nem bulunmaktadır. Pirinanın yakıt olarak kullanılabilmesi için bu değerlerin düşürülmesi gerekmektedir. Katı Yakıtların Kontrolü Tebliğine göre yakıt pirinasının yağının % 1.5'in altına neminin ise % 15'in altına indirilmesi gerekmektedir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın yayınladığı katı yakıtların kontrolü tebliğinde Ek-1 Katı Yakıt Özellikleri tanımlarında Pirina Briketi Özellikleri aşağıda Çizelge 1'de verilmiştir. Ayrıca bu tebliğde briketlerde; nişasta, bitkisel parafin veya melas (pancar küspesi) gibi bağlayıcı maddeler kullanılabileceği bilgisi de bulunmaktadır.

Çizelge 1. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Pirina Briketi Katı Yakıt Özellikleri*

Özellikleri	Sınır Değerler
Alt Isıl Değer (kuru bazda)	3700** kcal kg ⁻¹ (min.)
Nem (orijinalde)	% 15 (max.)
Yağ (kuru bazda)	% 1.5 (max.)
Sodyum (Na) (Kuru bazda)	300 ppm (max)
Briket Parça Boyutu	6 mm (min.) (6 mm'den küçük ağırlıkça % 5'i geçemez, ancak mekanik beslemeli yakma tesisleri için % 50'ye kadar olabilir.)

* Zeytin çekirdeğinde boyut hariç olmak üzere pirina briketi özellikleri aranır.

** Pirina briketinin alt ısı değeri 3700 kcal kg⁻¹ ve üstü olanlar köy ve beldelerde, 4000 kcal kg⁻¹ ve üstü olanlar 2. Grup il ve ilçelerde kullanılır.

Çalışmada, Hatay ilinde yakacak olarak satışa sunulan pirina briketinin Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın belirlediği sınır değerle içerisinde kalıp kalmadığı ve pirina briketinin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine bakarak briket kalitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışmada materyal olarak Hatay ilinde yakacak olarak satışa sunulan, zeytinyağı atığı olan pirina kullanılmıştır. Materyal olarak çeşitli işletmelerden alınan pirinalar P harfiyle isimlendirilmiştir. P₁₁, P₁₂, P₁₃, P₂₁, P₂₂, P₂₃, P₃₁, P₃₂, P₃₃ olmak üzere toplamda 9 örnek üzerinde çalışılmıştır.

P₁₁, P₁₂, P₁₃: Pirina işleme lisansına sahip olan bir X firmasına ait hammaddenin farklı bir firma tarafından briquete dönüştürülmüş olan örnekler

P₂₁, P₂₂, P₂₃: Pirina işleme lisansına sahip olan bir Y firmasına ait hammaddenin aynı firma tarafından briquete dönüştürülmüş olan örnekler

P₃₁, P₃₂, P₃₃: Pirina işleme lisansına sahip olmayan lisanssız briket üreten üç farklı firmadan alınan örnekler

Lisanssız üretim yapan firmaların temsiliyi sağlamak açısından üç farklı firmadan birer örnek alınmıştır.



Şekil 4. Hatay'da pirina üreten firmalardan rastgele toplanan örnekler

Çalışmada Hatay'da pirina briketi imalatı yapan firmalardan toplanan yakacak olarak kullanılan pirina briketlerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla özgül kütle, nem içeriği, yağ içeriği, sodyum içeriği, su alma direnci, deformasyon kuvveti, ısı değeri, kül içeriği ve elementel analiz yöntemleri kullanılmıştır.

Özgül Kütle

Briketlerin özgül kütlelerinin belirlenmesi için su taşıma yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde briketlerin su almasını önlemek için dış yüzeyleri özgül kütlesi 930 kg m⁻³ olan parafinle (mum) kaplanmıştır. Kaplama yapılmadan önce briketlerin kütleleri ölçülmüştür. Parafinle kaplı briketlerin kütleleri ölçülerek kaydedilmiştir. Parafin kaplı briketler silme su ile dolu bir kaba tamamı ile batırılıp çıkarılmış ve briketlerin kaptan taşıdıkları suyun kütlesi ölçülmüştür. Taşan suyun hacmi parafinli briket hacmi olarak kaydedilmiştir (Karaca, 2009).

Nem İçeriği

Dövülerek granül hale getirilen briketler 105 ° C sıcaklıkta 24 saat kurutma fırınında (etüv) bekletilmişler ve yapılan ölçümler sonucunda briketlerin nem içerikleri belirlenmiştir (ASTM D 3173).

Yağ Miktarının Belirlenmesi

Pirininin içerdiği yağ miktarının belirlenmesinde Soxhlet (Soxhlet Extraction Method, EPA 3540C) yöntemi kullanılmıştır. Bu işlemler Soxhlet cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Sodyum (Na) İçeriğinin Belirlenmesi

Sodyum içeriği belirlenirken ön işlem olarak yağ yakma işlemi uygulanmıştır. Ön işlemten geçirilen örneklerin Alev Fotometresinde Spektrofotometrik Metod sodyum içeriği belirlenmiştir.

Su Alma Direnci

Su alma direnci suya daldırılan briketlerin belirli bir süre sonunda bünyelerine emdikleri su miktarının ve buna bağlı olarak yapılarındaki bozulmanın gözlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu testte briketler suya daldırılmadan önce kütlesi tartılarak kaydedilip ve daha sonra her bir briket örneği yaklaşık 27 °C sıcaklığındaki su dolu kaba 25 mm derinliğe daldırılmıştır. 10 s bekletildikten sonra briketler çıkarılarak kütlesi tekrar ölçülmüştür. Briketlerin emdikleri su miktarları yüzde olarak hesaplanmıştır. Her bir örnek 3'er kez daldırılmıştır (Karaca, 2009).

Deformasyon Kuvveti Direnci

Bu testte briketlerin deformasyon kuvvetleri belirlenmiştir. Bu amaçla kullanılan materyal test cihazında (LLOYD LRK Plus) briketlere düzlemsel kuvvet uygulanarak kuvvet-deformasyon eğrileri çizilip testte kullanılan briketlerin uzunluk çap oranı ASTM D 2938 standardına göre hazırlanmıştır. Bu standartta belirtilen orana göre hazırlanan briketlerin test cihazına yatay olarak yerleştirilmiştir.

Isıl Değerlerini Belirleme

Briketlerin üst ısıl değerleri ASTM D 5865 standardına göre kalorimetre cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Üst ısıl değeri ise aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$LHV=HHV-(0.212 H)-(0.0245 M)-(0.008 O) \quad (1)$$

LHV: Alt Isıl Değer, HHV: Üst Isıl Değer, H: Hidrojen İçeriği, M: Nem İçeriği O: Oksijen İçeriği

Kül İçeriği Belirleme

Yaklaşık 1 g kütlesindeki örnek kapaklı bir kapsüle yerleştirilerek yakma fırınına koyulur. Fırın sıcaklığı kademeli olarak 1 saat içerisinde 500 °C sıcaklığa kadar artırılır. Örnekler 2 saat içerisinde 750 °C sıcaklığa kadar ısıtılmaya devam edilir. Bu sıcaklıkta örnekler 2 saat daha fırın içerisinde bırakılır. 4 saat sonunda örnekler fırından çıkarılarak kütleleri tartılarak kül içerikleri belirlenir (ASTM D 3174).

Elementel Analiz

Briketlerin toplam karbon (C) ve hidrojen (H) içeriği ASTM D 3178 standardına, toplam nitrojen (azot) (N) içeriği ASTM D 3179 standardına ve toplam sülfür (kükürt) (S) içeriği ASTM D 3177 standardına göre elementel analiz cihazı (THERMO SCIENTIFIC Flash 2000) kullanılarak belirlenmiştir Oksijen içeriği fark hesabı ile belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Özgül Kütle, Nem, Yağ İçeriği ve Sodyum İçeriği

Çalışmada kullanılan briket örneklerinin özgül kütle, nem, yağ ve sodyum içerikleri belirlenmiş ve Çizelge 2 'de verilmiştir.

Çizelge 2. Briket örneklerinin özgül kütle, nem ve yağ içeriği değerleri

Örnek	Özgül Kütle(kg m ⁻³)	Nem(%)	Yağ(%)	Na (ppm)
P _{1(ortalama)}	1291.2	9.6	1.2	115.8
P _{2(ortalama)}	1211.4	8.8	0.8	110.8
P ₃₁	1056.8	8.2	4.7	22.5
P ₃₂	1074.0	8.9	6.9	45.0
P ₃₃	968.8	9.8	5.2	112.5

Özgül kütlenin yüksek olması yapılan briketin kalitesini gösteren bir özelliktir. Briketleme işleminde sıkıştırmanın ne kadar yüksek olduğunu gösterir. Ölçülen bu değerler üretim lisansına sahip olan firmaların briketleme kalitelerinin lisanssız üretim yapan firmalardan daha iyi olduğunu göstermektedir.

Pirinin nem içeriği briket yoğunluğunun ve dayanıklılığının belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. P₃₃ örneği en yüksek nem oranına sahiptir ve onu % 9.6 ile P₁ örneği izlemektedir. P₃₁ örneği ise en düşük neme sahip olan örnektir. Katı Yakıtlar Kontrol Tebliği'ne göre nem miktarının en fazla % 15 olması gerekmektedir. Tüm örnekler bu değerin altında kaldığı için nem içeriği bakımından uygun bulunmuştur.

Katı Yakıtlar Kontrol Tebliği'nde en yüksek yağ içeriğinin % 1.5 olması gerektiği belirtilmiştir. Buna göre örneklerinin yağ yüzdelere bakıldığında yalnızca P₁ ve P₂ örneklerinin tebliğe uygun olarak üretildiği görülmüştür. Bu durum lisans sahibi firmaların ürettikleri pirinaların tebliğe uygun olduğunu göstermektedir. Lisanssız üretimlerin yağ içeriğinin ise sınır değerin 4 katından daha fazla yağ içeriğine sahiptir. Hatay ilinin toplam 39 bin ton prina üretimi yapılmaktadır (Karaca ve ark., 2015). Bu prinanın yaklaşık 12 bin tonunu lisanslı olan işletmeler işlemektedirler. Geriye kalan 27 bin ton prina lisansı olmayan işletmeler tarafından yakacak prina briketi haline getirmektedirler. Bu durumda lisanssız üretim ile yaklaşık 1,000 tona varan miktarda zeytinyağı kaybı oluşmaktadır.

Pirina örneklerinin Na içeriği analiz sonuçlarına göre en yüksek Na 115.8 ppm ile P₁ örneğinde bulunmaktadır ve onu 112.5 ppm ile P₃₃ örneği izlemiştir. P₃₂ örneği ise 45 ppm ile en az Na bulunduran örnek olarak görülmüştür. Katı Yakıtlar Kontrol Tebliği'ne göre bir pirina briketinde bulunması gereken Na miktarı 300 ppm olarak verilmiştir. Bu durumda tüm örnekler bu değerin altında kaldığı için Na miktarı açısından uygun görülmüştür. Bu değerin üzerinde olan Na prina briketlerindeki bozulmayı artırmanın yanında yakma sistemlerinin kirliliğini de artırmaktadır.

Elementel Analiz

Çizelge 3. Elementel analiz değerleri

Örnek	C (%)	H (%)	N (%)	S (%)	O (%)
P _{1(ortalama)}	49.9	5.94	1.25	0.07	42.8
P _{2(ortalama)}	48.9	6.13	2.74	0.05	42.2
P ₃₁	50.9	6.59	2.02	0.10	40.4
P ₃₂	53.9	7.07	2.89	0.07	36.1
P ₃₃	38.6	5.22	1.27	0.02	54.9

Biyokütlenin C içeriği katı fosil yakıtlarından daha düşüktür ve % 42-71 aralığında değişmektedir (Eren, 2011). Ölçülen elementel analiz değerleri incelendiğinde (Çizelge 3) literatürde belirtilen değerlerin altında sadece % 38.6 ile P₃₃ örneği kalmıştır. Biyokütlerdeki H içeriği katı fosil yakıtlarından daha yüksektir ve bu oran % 3-11 arasında değişkenlik göstermektedir (Eren,2011). Tüm briket örneklerinin verilen değerler arasında olduğu belirlenmiştir. Azot içeriği % 0.1-12 aralığında değişmektedir (Eren,2011). Briket örneklerinin N içeriği bu değerlerin arasında değişmektedir. Örneklerin kükürt (S) içeriği % 0.01-2.3 aralığında değişmektedir (Eren,2011). Tüm örneklerin bu aralıkta kaldığı belirlenmiştir. Biyokütle örneklerinin oksijen (O) içeriği ise % 42-71 aralığında değişkenlik göstermektedir (Eren,2011). En büyük O oranına % 54.9 oranla P₃₃ örneği sahiptir. P₃₁ ve P₃₂ örnekleri sırasıyla % 40.4 ve % 36.1 oranlarına sahiptir ve verilen değerlerin altında kalmıştır.

Isıl Değer ve Kül İçeriği

Briketlerin belirlenen alt ve üst ısı değerleri ve kül içerikleri Çizelge 4 'de verilmiştir. Biyokütle çeşitlerinin, kuru baza göre belirlenen kül içeriği, % 0.1-46 aralığında değişmektedir (Eren, 2011). Örneklerin kül içeriklerinin verilen bu aralıkta kaldığı belirlenmiştir.

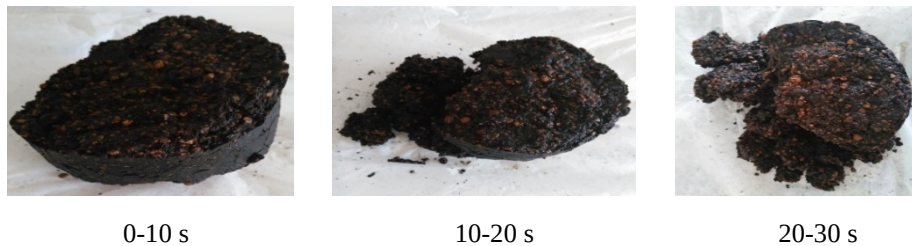
Çizelge 4. Briketlerin Alt ve Üst Isıl Değeri ile Kül İçeriği

Örnek	Kül İçeriği	Üst Isıl Değer (MJ kg ⁻¹)(kcal kg ⁻¹)	Alt Isıl Değer (MJ kg ⁻¹)(kcal kg ⁻¹)
P _{1(ortalama)}	3.8	18.6 (4440)	16.8 (4013)
P _{2(ortalama)}	2.3	18.9 (4526)	17.0 (4060)
P ₃₁	1.5	19.5 (4648)	17.6 (4204)
P ₃₂	2.4	18.2 (4346)	16.2 (3869)
P ₃₃	13.1	17.2 (4096)	15.4 (3678)

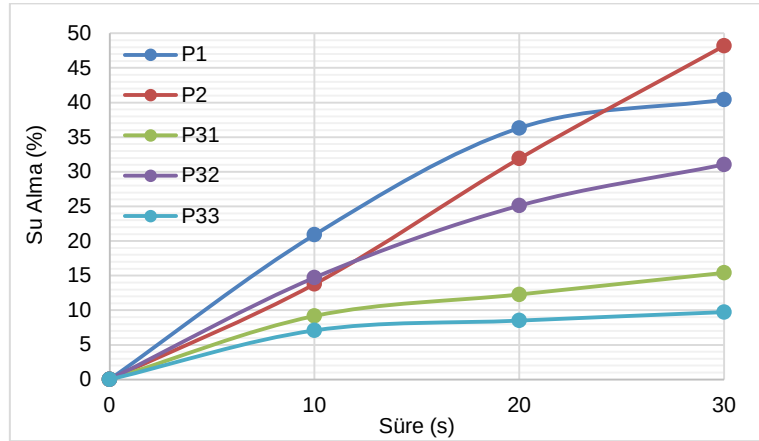
Katı Yakıtlar Kontrol Tebliğinde pirina briketinin alt ısı değerinin en az 3,700 kcal kg⁻¹ olması gerektiği belirtilmiştir. Briketlerin ısı değerleri incelendiğinde en yüksek ısı değerini P₃₁ örneğine ve en düşük ısı değerini P₃₃ örneğine ait olduğu belirlenmiştir. Ayrıca P₃₃ örneğinin ısı değeri tebliğde verilen değerin altında kalmıştır. Aynı zamanda P₃₃ ve P₃₂ briketlerinin ısı değerlerinin il ve ilçe sınırlarında kullanılacak briketler için tebliğde belirtilen sınır değerin (4,000 kcal kg⁻¹) altında olduğu belirlenmiştir.

Su Alma Direnci

Briketlerin su alma direnci testi sonundaki briketlerde meydana gelen deformasyon görüntüleri Şekil 5 'de ve ölçülen su alma değerleri Şekil 6'da verilmiştir. Briketlerin su alma değerleri incelendiğinde P₂ örneği 30s süre sonunda bünyesine %48.2 su almıştır. Örneklerin 10 s içerisinde su almasının artması briketin dış yüzeyinde oluşan ufak parçalanmalar sonucu bünyesine su girişinin artmasıdır. Literatürlerde (Eriksson ve Prior, 1990) briketlerin su alma oranının % 50'yi geçmemesi gerektiği belirtilmiştir. Hiçbir örnek belirlenen bu oranı geçmemiştir. P₃₃ örneği en az düzeyde su almıştır ve su almaya karşı iyi bir direnç göstermiştir.



Şekil 5. Briket örneklerinin suya daldırıldıktan sonraki görüntüleri



Şekil 6. Briket örneklerinin zamanla su alma değerleri

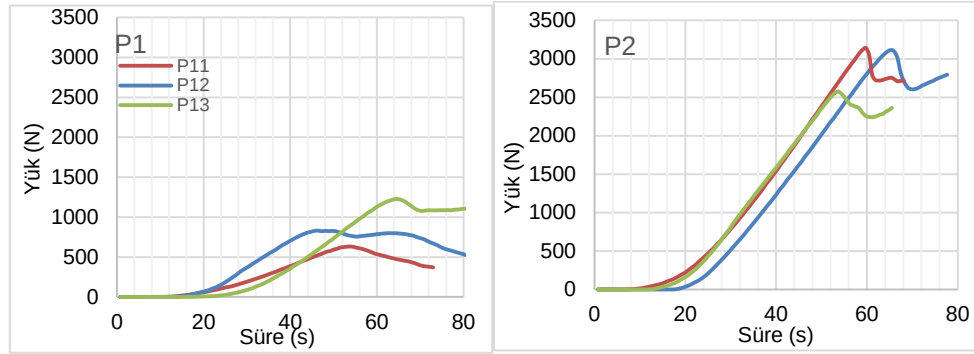
Örnekler suya daldırıldıktan 10s sonra yaklaşık olarak %7-21 arasında değişen miktarlarda su almıştır ve çok fazla bozulma olmamıştır. Ancak 20. saniyenin sonunda özellikle P_1 ve P_2 briketlerinin %30'un üzerinde su aldıkları ve uçlarından parçalanmaya başladıkları görülmüştür. Son aşama olan 30. saniye sonunda yine bu iki örneğin bünyelerine %40'ın üzerinde su aldıkları ve yapısal olarak dağıldıkları görülmüştür. Örneklerden su alma direnci en fazla olanların P_{33} ve P_{31} olduğu görülmüştür. Bu durum örneklerin yağ içeriklerine bağlı olarak su almaya direnç gösterdiklerini ifade etmektedir. En az yağ içeriğine sahip olan P_2 örneğinin su almaya karşı en az direnç gösterdiği belirlenmiştir.

Deformasyon Testi

LLOYD LRK Plus test cihazı kullanılarak (Şekil 7) briketlerin deformasyon kuvveti değerleri belirlenmiştir.



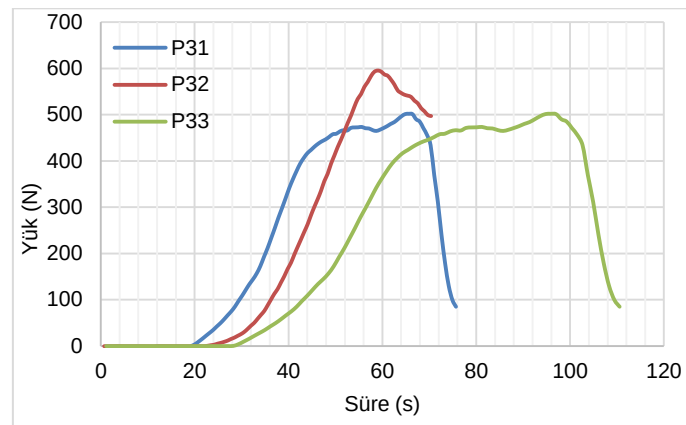
Şekil 7. Pirina briketlerin deformasyon testi



Şekil 8. P_1 ve P_2 pirina briketlerinin üç tekrarlı deformasyon kuvveti grafiği

P_1 örneğinin kırılma noktasının 1,200 N'a kadar çıktığı görülmüştür. Briketlerin kuvvet deformasyon eğrileri incelendiğinde en yüksek deformasyon kuvvetinin P_2 örneklerinde olduğu belirlenmiştir. Bu durum briketlerinin sıkıştırma oranının ve buna bağlı olarak briketleme kalitesinin derecesini göstermektedir.

P_3 örneklerinin deformasyon eğrileri incelendiğinde P_{32} örneği 600N da kırılmaya uğradığı görülmüştür. P_3 briketlerinin sıkıştırma kalitesinin ve buna bağlı olarak briket kalitesinin diğer örneklerden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Deformasyon kuvveti briketlerin taşınması ve depolanması esnasında kırılma ve parçalanma nedeniyle oluşabilecek kayıpların ne derecede oluşabileceğinin bir göstergesidir. Buda briketleme kalitesinin ifadesi için kullanılır. Lisanssız üretim olan bu briketlerin taşınması ve depolanması esnasında oluşacak kayıpların daha çok olacağını ifade etmektedir.



Şekil 9. P_3 pirina briketlerinin deformasyon kuvveti grafiği

Sonuç

Antakya'da yakacak olarak kullanılan pirina briketlerine uygulanan analizler sonucunda belirlenen özellikleri Çizelge 5'de özetlenmiştir. Çizelgede Nem, Yağ ve Na içerikleri ile Alt ısı değerleri ilgili Tebliğde belirtilen

sınır değerler ile kıyaslanmıştır. Diğer analiz sonuçları ise tüm örneklerin o özellikteki ortalamasına göre kıyaslanmıştır.

Briketlerin tamamının nem içeriği ve Na içeriği tebliğde belirtilen yasal sınırlar içerisinde kalmıştır.

Yağ içeriği bakımından P₃ briketlerinin hepsinin yasal sınırların üzerinde yağ içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar dikkate alındığında lisanssız prina briketi üretimi ile ilde yıllık ortalama 1,000 ton zeytinyağı yakılarak kaybedilmektedir.

Çizelge 5. Pirina briketlerinin analiz sonuçları

	P ₁	P ₂	P ₃₁	P ₃₂	P ₃₃
Nem İçeriği (%)	✓9.6	✓8.8	✓8.2	✓8.9	✓9.8
Yağ İçeriği (%)	✓1.2	✓0.8	✗4.7	✗6.9	✗5.2
Na İçeriği (ppm)	✓115.8	✓110.8	✓22.5	✓45	✓112.5
Alt Isıl Değer (kcal)	✓4013	✓4060	✓4204	✓3869	✗3678
Özgül Kütle (kg/m ³)	↑1291.2	↑1211.4	↓1056.8	↓1074	↓968.8
Su Alma Oranı (%)	↑40.4	↑48.2	↓15.4	⇒31.1	↓9.7
Deformasyon Kuvveti (N)	↓1226.6	↑3112.8	↓501.8	↓595.2	↓704.5
Kül İçeriği	↓3.8	↓2.3	↓1.5	↓2.4	↑13.1
Elementel Analiz					
C(%)	↑49.9	↑48.9	↑50.9	↑53.9	↓38.6
H(%)	⇒5.94	⇒6.13	↑6.59	↑7.07	↓5.22
N(%)	↓1.25	↑2.74	⇒2.02	↑2.89	↓1.27
S(%)	⇒0.07	⇒0.05	↑0.1	⇒0.07	↓0.02
O(%)	⇒42.8	↓42.2	↓40.4	↓36.1	↑54.9

Alt ısı değer bakımından sadece P₃₃ briketinin tebliğde belirtilen sınır değerinin altında kaldığı görülmüştür.

Briket örneklerinin özgül kütle sonuçlarına göre tüm örnekler literatürde belirlenen değerlere yakın olduğu belirlenmiştir. Fakat P₁ ve P₂ briketlerinin özgül değeri diğer örneklerden daha yüksektir.

P₁ ve P₂ briketlerinin bünyesine su alma oranlarının diğerlerinden daha fazla olduğu görülmektedir.

Briketlere uygulanan deformasyon kuvveti testi sonucunda lisanslı üretim yapan firmalar tarafından üretilen briketlerin briketleme kalitesinin çok iyi olduğu görülmüştür. Fakat lisanssız üretim yapan firmalara ait briketlerin bu konuda çok iyi sonuçlar vermediği belirlenmiştir.

Briketlerin kül içeriği sonuçlarına göre P₃₃ briketi haricinde tüm briketlerde kül içeriğinin birbirine yakın olduğu ve literatürde belirtilen sınırlar içerisinde olduğu görülmektedir. P₃₃ briketinin kül içeriğinin yüksek olması briketin ısı değerinde negatif bir etki oluşturmaktadır.

Materyallerin elementel analizleri sonucunda belirlenen H, N ve S içerikleri literatürde belirtilen değerlerle aynı olduğu belirlenmiştir. Fakat C içeriği P₃₃ örneğinde yaklaşık % 39 çıkarak diğer örneklerden ve literatürde belirtilen değerlerden daha düşük olduğu görülmüştür. Diğer örneklerin C içeriğinin ise birbirine ve literatürde belirtilen değerlere yakın olduğu belirlenmiştir. O₂ içeriği ise P₃₁ örneğinde % 40.4 ve P₃₂ örneğinde % 36.1 oranlarıyla diğer örneklerden ve literatürde verilen değerlerden düşük çıkmıştır.

Yapılan bu çalışmalar ve belirlenen değerler göze alınarak Hatay ilinde yakacak olarak satışa sunulan işleme lisansına sahip olmayan izinsiz olarak üretilen pirina çeşitlerinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın yayınladığı Katı Yakıtların Kontrolü Tebliğinde Ek-1 katı yakıt özellikleri tanımlarında pirina briketi özellikleri referans alınarak tebliğe göre özellikle lisanssız olarak üretilen briketlerin verilen değerlere uygun olmadığı belirlenmiştir. Tebliğe uygun olamayan bu briketlerin yakıt olarak kullanılması sonucunda düşük yanma veriminden başlamak üzere yanma emisyonlarında artış, yağ kaybı ile oluşacak ekonomik kayba kadar gidecek olumsuzluklar meydana gelmektedir.

Teşekkür Bilgi Notu

Bu makale, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiş olan (Proje No:15673) Yüksek Lisans çalışmasından hazırlanmıştır.

Kaynaklar

- Başkan, A.E. 2010. *Zeytinyağı İşletmelerinin Atıkları ve Değerlendirilme Yolları*. T.C. Güney Ege Kalkınma Ajansı, Denizli
- ASTM Standard (American Society for Testing and Materials). D 2938, D 3173, D 3174, D 5865, D 3177, D 3178, D 3179.
- Eren, Ö. 2011. Çukurova Bölgesinde Tatlı Sorgum (*Sorghum Bicolor* (L.) Moench) Üretiminde Yaşam Döngüsü Enerji Ve Çevresel Etki Analizi. Doktora Tezi, Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü..
- Eriksson, S. and Prior, M. 1990. *The briquetting of agricultural wastes for fuel*. FAO Environment and Energy Paper 11, FAO of the UN, Rome-Italy
- Horuz, A., Korkmaz, A. ve Akınoğlu, G. 2015. Biyoyakıt Bitkileri ve Teknolojisi. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi 3(2): 69-81.
- Karaca C. 2009. Çukurova Bölgesindeki Tarıma Dayalı Sanayi Atıklarının Enerjiye Dönüşüm Olanaklarının İncelenmesi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Karaca, C., Bozoğlu, B. and Polat, O. 2015. Hatay İli Pirina Atık Miktarının ve Enerji Potansiyelinin Haritalanması. *Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 29(2), 55-60
- TÜİK., 2016. Türkiye İstatistik Kurumu Bitkisel Üretim İstatistikleri 2015 Verileri.