
	SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ <i>SAKARYA UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE</i>		 SAKARYA UNIVERSITY
	e-ISSN: 2147-835X		
	Dergi sayfası: http://www.saujs.sakarya.edu.tr		
	<u>Geliş/Received</u> 20-04-2017		
	<u>Kabul/Accepted</u> 30-01-2018	<u>Doi</u> 10.16984/saufenbilder.305595	

Tavuk gübresi ve tarımsal atıkların biyoyakıt karakterlerinin incelenmesi

Alper Er¹, Saim Özdemir*¹

ÖZ

Kümes atıkları, yerel tarımsal kaynaklı atıklarla karıştırılarak yakıldığında, kümeslerde alan ısıtma amaçlı, cazip alternatif enerji kaynağı olmaktadır. Bu çalışmada, kümesler boşaltılıp temizleme aşamasında kümes altlık örnekleri toplanmış ve enerji içerikleri, yanma gaz emisyonları ve kül karakteristikleri incelenmiştir. Ağaç talaşı, fındikkabuğu, mısır sapı ve çeltik kavuzu, tavuk gübresinin yakılmasında yanma ve emisyonları iyileştirme amacıyla, ayrıca incelenmiştir. Tavuk kümes altlığının alt ve üst ısıl değeri sırası ile 3100 – 3500 kcal/kg olarak tespit edilmiş, kuru ağırlık bazında kül miktarı % 19.4 olarak bulunmuştur. Külde en fazla bulunan mineral P₂O₅ olmuştur. Kümes altlıklarının yakılması, yanma gazı emisyon limit değerlerini, en problemlili NO_x emisyonları dahil, sağlamıştır. Enerji değeri ve yanma gazı emisyonları olarak tarımsal atık maddeler, kümes atıklarından daha iyi değerler vermiştir. Çalışmada elde edilen bulgular, tavuk gübresi ve tarımsal atıkların kombine edilerek, ekonomik olarak uygun, enerji değeri yüksek biyokütle yakıtı üretilebileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: tavuk gübresi, enerji içeriği, yanma gazı emisyonları, kül içerikleri

Investigation of biofuel characteristics of poultry litter and crop residues

ABSTRACT

Burning poultry litter to provide energy for space heating in broiler houses has been viewed as an alternative renewable energy, especially when combined with local crop residues. In the present study, litter samples were obtained from a local broiler farm following clean-out to evaluate the energy content, exhaust gas emissions and characteristics of ash following combustion. Wood sawdust, hazelnut shell, corn stalk and rice husk were also evaluated as a possible co-combustion with poultry litter to amend combustion and emissions. The low and high heating values of the litter was 3100 – 3500 kcal/kg, respectively, and had an ash content of 19.4% on dry basis. The predominant ash mineral in the litter was P₂O₅. The emission values of poultry litter combustion was consistent with the exhaust gas limits, including the NO_x. The energy content and exhaust gas emissions of crop residues were better than the poultry litter. According to the results, economically feasible and high energy containing biomass fuel can be produced by combining poultry litter and crop residues.

Keywords: poultry litter, energy content, exhaust gas emission, ash characteristics

* Corresponding Author

¹ Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Sakarya, saimo@sakarya.edu.tr

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Tavuk kümeslerinin sayı ve kapasitesinde artışa bağlı olarak her geçen gün daha fazla miktarda altlık atığı ortaya çıkmaktadır. Bu atık, yaygın olarak çevredeki tarım alanlarına gübre kaynağı olarak bertaraf edilmektedir. Araziye serilen atık, koku, su kaynaklarına kirlilik ve patojen yayılımı gibi çevresel açıdan risk oluşturmaktadır. Biyolojik kökenli kaynakların alternatif kullanım şekillerinden birisi de yenilenebilir kaynak olarak enerji üretiminde kullanılmasıdır [1]. Biyokütle kaynaklarının işlenerek, enerji değeri yükseltilmiş, kullanımı kolaylaştırılmış, modernize edilmiş formu ise pellettir [2]. Biyoyakıtlar, hammaddenin yerel kaynaklardan kolayca temin edilebileceği, ucuz ve fosil yakıtlara göre daha temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarından [3]. Biyokütle, dünyada enerji talebinin % 10'u ile 15'i arasında bir paya sahiptir ve Avrupa birliğinde bu oranın 2020'ye kadar çevreci politikaların uygulanması ile % 20'lere kadar yükseltilmesi hedeflenmektedir [4]. Depolanabilir ve kullanıma hazır, yenilenebilir enerji kaynağı olması nedeniyle biyokütlenin gelecekte önemli enerji kaynaklarından biri olması beklenmektedir. Örneğin Finlandiya enerjisinin % 20'sini, İsveç %16'sını, Avusturya %13'ünü biyokütleden elde etmektedir [5]. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, ülkemiz enerji gereksiniminin büyük bölümünü ithalat yoluyla karşılamakta ve oran giderek artmaktadır. Enerji ihtiyacının karşılanmasında, biyoyakıtlar potansiyeli en yüksek kaynağı oluşturmaktadır [6].

Ormancılık atık ve artıkları, kereste endüstrisi artıkları, tarımsal ürün hasat artıkları ile özel olarak yetiştirilmiş enerji bitkisi biyokütleleri, en kolay ve enerji verimli olarak pellet yapıldıktan sonra kullanılabilir. Biyokütlelerin pellet yapılarak kullanılması, enerjiyi küçük hacimde yoğunlaştırdığından, diğer enerji türlerine karşı kalitesi düşük olsa da avantajlı hale getirmektedir [7]. Pelletler 6 ila 8 mm çapında, 10 ila 12 mm uzunluğunda sıkıştırılarak yoğunluğu ve enerji verimliliği artırılmış silindirik şekilli maddelerdir. Kuzey Amerika ülkeleri olan ABD ve Kanada'da yılda 2 milyon tonun üzerinde, Avrupa ülkelerinde yılda 10 milyon ton civarında üretim yapılmaktadır. Piyasaya sürülen pelletler konut ve iş yeri ısıtmalarında, bireysel soba ve katı yakıt kat kaloriferlerinde, öğrenci yurtlarında ve kimi küçük ve orta büyüklükteki işletmelerde proses suyu

ısıtmalarında da kullanılmaktadır. Kanada gibi büyük üretici ülkelerden Avrupa ve Asya ülkelerine dış ticareti de yapılmaktadır. Özellikle ticaret söz konusu olduğunda standartlar ön plana çıkmakta ve pelleti aktif olarak kullanan ülkelerde üretim, taşıma ve paketleme işlemleri için belli standartlar bulunmaktadır. Dış ticarete standartları daha sıkı olan AB International Pellet Standard DIN 51731 dikkate alınmaktadır.

Türkiye'de, son yıllarda kümes ve çiftlik hayvanlarından kaynaklanan hayvansal atıklar, en önemli ve en ciddi çevresel problemler arasında yer almaktadır. Kümes hayvanı atıkları eğer uygun bir şekilde yönetilmezse ana çevresel sorunlardan birini oluşturabilir [8]. Tavuk gübresi geleneksel olarak arazilere gübre olarak kullanılırken, sürekli artan miktarda ortaya çıkışları alternatif bertaraf sistemlerine olan ihtiyacı artırmıştır. Alternatif bertaraf yöntemlerinden birisi de direk yakma işlemidir. Bu işlem hem çevresel açıdan uygun, ekonomik bertaraf sağlamakta, hem de enerji üretimi, ortam ısıtılması ve hatta kaynaklandıkları kümeslerin ısıtılmasına imkan sağlamaktadır [9]. Belli bir enerji değeri olmakla birlikte, tavuk gübresinin sahip olduğu kimi özellikler efektif yanma ve enerji verimliliğini kısıtlamakta iyileştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Üretim miktarı ve neden olduğu çevresel problemler bir arada düşünüldüğünde, tavuk gübresi biyoyakıt olarak değerlendirilebilecek en önemli kaynaklardan birini oluşturmaktadır [8]. Bulunabilirliği yüksek olmakla birlikte, tavuk gübresi, yüksek rutubet oranı, kül miktarı ve mineral kompozisyonu nedeniyle tek başına verimli bir şekilde yakılamamaktadır [10]. Sakarya bölgesinde fazla miktarda tarımsal kökenli artık ve atık da ortaya çıkmakta ve biyoyakıt olarak değerlendirilme potansiyeli taşımaktadırlar. Nitekim benzer tarımsal kökenli atıklar farklı çalışmalara konu olmuş, enerji potansiyeli ve çevresel emisyonlar bakımından değerlendirilmiştir. Alamsyah ve ark. pelletleme amacıyla palmye kabuğu, küspe, soya fasulyesi sapları, çeltik ve mısır sapı gibi atıkları incelemişlerdir. Analizlerinde kullandıkları pelletlerinin emisyon değerlerini yasal sınırlar içerisinde olduğunu tespit etmişler, ayrıca pellet kaliteleri de DIN 51731 standartlarına uygun bulunmuştur [11]. Kraszkiewicz ve ark. selüloz içerikleri % 31.8 ile 42.64 arasında değişen 6 farklı tarımsal atık ile yaptıkları çalışmada selüloz içeriği ile pellet dayanımı arasında negatif lineer ilişki

tespit etmişler, kalorifik değerle herhangi bir ilişki gözlemlenmemişlerdir [12].

Tavuk gübresinin ısı değerleri farklı çalışmalarda ortaya koyulmakla birlikte, lingo-selülozik ham maddelerle düşünülerek değerlendirildiği çalışmalara tarafımızdan rastlanılmamıştır. Tavuk gübresi, yerel kaynaklardan temin edilebilen diğer biyoyakıt kaynakları ile kombine edilerek kullanılabilir ve biyoyakıt haline getirilebilir. Tavuk kümesleri ısıtma amaçlı fazla miktarda yakıtı ihtiyaç duymaktadır. Bu çalışmada Sakarya bölgesinde fazla miktarda var olan ve biyoyakıt üretilerek ortam ısıtmasında kullanılacak atıkların yakıt özellikleri araştırılmış ve çevresel emisyonlar bakımından değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHODS)

Çalışmada bölgesel olarak yaygın olan ve ulaşılması kolay olan organik atıkların biyokütle kaynağı olarak yakmada kullanılması amaçlanmıştır. Tavuk gübresi, Sakarya bölgesinde broyler üreticiliği yapan kümeden, küme yetiştirme döneminin sonunda kümesler boşaltıldıktan sonra alınmıştır. Tavuk gübresi altlık olarak çeltik kavuzu içermektedir. Çalışmada incelenen diğer tarımsal kökenli artık ve atıkları teşkil eden ağaç talaşı, fındikkabuğu, mısır sapı ve çeltik kavuzu yine bölgeden temin edilmiştir. Çeltik kavuzu, kümeslere altlık olarak kullanılan üründen alınmıştır. Fındikkabuğu kümeslere ısıtma kaynaklı yakıt olarak satılan ticari üründen temin edilmiştir. Ağaç talaşı yine bölgede hızar atölyesinden temin edilmiştir. Mısır sapı, mısır hasat edildikten sonra tarlada kalan sap üründen temin edilmiş, kullanılmak üzere değirmen ile küçük parçalara öğütülmüştür.

Ürünler ayrı ayrı havada kurutulmuş, ardından pellet haline getirilmiştir. Pellet haline getirilen ürünlerin kalorileri, yanma kaynaklı emisyon gazları ve yakıldıktan sonra geriye kalan külün mineral kompozisyonu analiz edilmiştir. Ürünlerin enerji değerleri ve yanma gazları analizleri akredite laboratuvarında pellet ürünlerde yapılmıştır.

Nem miktarı, numuneler 105 °C de sabit tartıma getirilene kadar kurutulmuş ve ağırlık farkı formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Rutubet oranı bulunan numunelerden örnekler alınarak

krozelerde, 550 °C de tam yanma sağlanana kadar (~4 saat) yakılmış ve yine ağırlık kaybı farkı formülü kullanılarak uçucu madde ve kül miktarı tayin edilmiştir. Numunelerin kalori tayini Bomp kalorimetre ile yapılmıştır. Bu yöntemde numuneler sabit hacimli kalorimetre bombası denilen çelik bir kaba konur ve yanma gerçekleştirilir. Yanma reaksiyonu ile üretilen ısı, suyun sıcaklığındaki yükselmeyi kaydederek hesaplama yapılır ve sonuçlar kcal/kg olarak ifade edilir.

Yanma gazları, biyokütle yakıtlar için uzmanlaşmış kurumda ölçülmüştür. Yanma gazından kaynaklanan emisyonların belirlenmesi için taşınabilir Gaz Analiz Cihazı (TESTO 350 M XL-454) kullanılmıştır. Pelletleniş numuneler test yakıcısında yakılma esnasında, atık gaz kompozisyonundaki O, CO₂, CO, SO₂ ve NO_x emisyonları, yanma süresince on-line olarak ölçülmüş ve ortalamaları verilmiştir.

Kül oranını belirleme analizlerinde ortaya çıkan kül numuneleri, kül kompozisyonunu belirlemek için kullanılmıştır. Yaklaşık 100 mg kül numunesi 6 ml HNO₃ (%65), 1 ml H₂O₂ (%30) asit karışımında çözündürülmüş, ultra saf su eklenmiş ve ardından element kompostonu ICP-OES (Spectro Arcos, Kleve, Germany) cihazında ölçülmüştür. Si ultra saf suda çözündürülerek ölçülmüştür.

İncelenen biyoyakıt örneklerinde her bir parametre üçer tekerrürlü olarak ölçülmüştür. Uygulamalar arası farklılıkları ortaya çıkarmak için varyans analizi yapılmıştır. İstatistikî analizler Statgraphics programı ile yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULT AND DISCUSSION)

Çalışmada incelenen tavuk gübresi ile ona karışım olarak düşünülen tarımsal atıkları ve ağaç talaşının enerji değeri analizleri Tablo 1'de verilmiştir. Biyokütle malzemelerinin enerji değerleri maddelerin sahip olduğu fiziksel ve kimyasal bileşime bağlı olarak değişmektedir. Enerji değerinde birinci derecede belirleyici olan rutubet oranı kurutulmuş ayarlanabilir ve ürünün enerji seviyesi yükseltilebilir, fakat kimyasal bileşim değiştirilemez. Sadece farklı biyokütle maddelerinin karışım oranları ayarlanarak optimize edilebilir.

Table 1. Çalışmada incelenen biyokütle kaynakları ve enerji değerleri ve ilgili özellikleri. (Biomass energy sources evaluated in the study and their properties related to the energy values)

Parametre	Tavuk Güb.	Ağaç talaşı	Fındık kab.	Mısır sapı	Çeltik kav.
C (%)	27.2	44.2	47.60	49.08	45.50
H (%)	3.7	2.8	5.07	5.72	5.29
O (%)	23.1	18.3	24.51	36.59	42.5
N (%)	3.7	0.22	0.26	0.49	0.39
S (%)	0.3	0.02	0.03	0.09	0.04
Kül (%)	19.4	3.7	4.49	7.16	6.32
Rutubet (%)	26.2	52.6	10.12	11.62	8.68
Üst ısıl (kcal/kg)	3500	4850	4517	4287	4074
Alt ısıl (kcal/kg)	3100	4350	4238	3817	3765

Tablo 1'de görüldüğü gibi, tavuk gübresi gibi biyokütle kaynaklarının biyoyakıt olarak kullanımının önündeki en önemli engeller düşük hacim ağırlığı yanında, nem içeriği ve yüksek kül oranıdır [13]. Çalışma kapsamında incelenen kümes atıklarının, rutubet içeriği % 26.2 olarak tespit edilmiş, kül içeriği ise % 19.4 olarak bulunmuş ve alt ısıl değeri ile üst ısıl değerleri de 3100-3500 kcal/kg olarak tespit edilmiştir. Tavuk gübresi ile kıyaslandığında ağaç talaşı, fındık kabuğu, mısır sapı, çeltik kavuzunun kül ve rutubet değerleri daha düşük seviyelerde gerçekleşmiş ve bu nedenle alt ve üst ısıl değerleri daha yüksek kalori değerleri vermiştir. Literatürde 3000-4000 kcal/kg olarak verilen kümes atıklarının kalorifik değeri, kömürün kalorifik değerinin yaklaşık yarısıdır [14]. Benzer şekilde bu çalışma kapsamında incelenen kümes atıklarında enerji değeri 3100-3500 kcal/kg olarak tespit edilmiştir. Düşük kalorifik değerine rağmen kümes atıkları, ABD ve AB ülkelerinde yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Diğer biyokütle enerji kaynakları ile beraber kalorifik değer ve yanma özellikleri iyileştirilebilir ve özellikle kümeslerin ısıtılmasında yakıt kaynağı olarak kullanılabilir nitelikler kazandırılabilir.

Tavuk gübresinin mineral içeriği yüksektir ve diğer biyoyakıt alternatifleri ile karşılaştırıldığında en yüksek olan element azot olmuştur. Yüksek azot içeriği nedeniyle, yakma söz konusu olduğunda NO_x emisyonları en önemli çevresel problem kaynağı olmaktadır. Yapılan bu çalışmada NO_x emisyonu 155 ppm olarak bulunmuş ve bu değer sanayi kaynaklı hava kirliliğinin kontrolü SKHKK [15] limit değerleri ile karşılaştırıldığında 300 ppm olan sınır değerinin oldukça altındadır (Tablo 2). Yine tavuk gübresinin sülfür içeriği, incelenen diğer biyokütle yakıt kaynaklarından daha yüksek

bulunmuştur. Yakıtın yüksek kükürt içeriğinin SO_x emisyonlarını yükseltme potansiyeli bulunmaktadır. Yüksek sülfür içeriği yanma gazı emisyonlarını yükseltirken yakma ünitelerinde korozyon problemine de neden olabilmektedir.

Table 2. Broyler kümes altlığı yanma gazı emisyonlarının, yerel biyoyakıt kaynakları ile karşılaştırılması. Exhaust gas emissions of broiler litter compared to the locally available biomass sources)

Parametre	Tavuk Güb.	Ağaç talaşı	Fındık kab.	Mısır sapı	Çeltik kav.
O ₂ (%)	18.42	18.33	18.21	18.37	18.28
CO ₂ (%)	2.45	2.46	2.31	2.53	2.43
CO (ppm)	1222	1089	1006	1172	988
NO (ppm)	148	55	57	126	87
NO _x (ppm)	155	67	60	137	102
SO ₂ (ppm)	8.25	6.34	7.54	5.10	4.51

Çalışmada yanma gazı olarak ölçülen O₂, CO₂ ve CO konsantrasyonları uygulamalar arasında istatistiki olarak bir farklılık göstermemiştir. Yanma sıcaklıkları, yanma etkinliği ve yakıtın oksijen içeriği tam oksidasyon sağlayarak eksik yanmanın önüne geçmekte ve dolayısıyla CO ve CO₂ emisyonlarının da yükselmesinin önüne geçmektedir [16]. Bu nedenle test biyoyakıt kaynaklarının yanma gazları farklı bulunmamıştır. Biyokütle yakıtlar 600 - 800 °C arasında yakılmaktadır. Daha yüksek sıcaklıklarda yakılan fosil yakıtlar gibi yanma esnasında havanın azot gazından kaynaklı NO_x emisyonu oluşması riski düşüktür. Biyokütle yakıtlarının NO_x emisyonu sahip oldukları azot içeriğinden kaynaklanır. Azot içeriği yüksek olan tavuk gübresi belli oranlarda azot kapsamı düşük biyo yakıtlarla karıştırılarak NO_x emisyonlarının daha da iyileştirilmesi sağlanabilir. Bitkisel kaynaklı biyoyakıt kaynaklarının sülfür değerleri birbirine yakın bulunmuş ve tavuk gübresinden çok düşük tespit edilmemiştir. Bu nedenle biyoyakıt kaynaklarının tavuk gübresinin kükürt kaynaklı emisyonlarını düzeltmesi sınırlı kalacaktır. Diğer yandan, kümes atıklarının yakılması ile ortaya çıkan CO₂, SO₂ ve NO_x emisyonları, fosil kaynaklı birincil enerji kaynaklarından her zaman daha düşük bulunmaktadır [15, 17]. Kümes atıklarının saf halde yakılması veya diğer biyokütle ürünleri ile yakılması, en yüksek çıkması beklenen NO_x emisyonlarında dahi Avrupa Birliği standartlarını sağlayabilmektedir.

Tavuk gübresi diğer hayvansal gübrelerle karşılaştırıldığında kül oranı en yüksek gübredir, çünkü tavuk yemi dönüştürme oranı yüksek besin

maddelerinden yapılı ve bu nedenle sindirim sisteminde organik madde giderimi yüksektir. Çalışmada analiz edilen biyoyakıt kaynakları arasında en yüksek kül miktarı tavuk gübresinde tespit edilmiştir. Tablo 3’de külün mineral analiz sonuçları verilmiştir.

Table 3. Çalışmada incelenen biyokütle maddelerin kül bileşimleri, değerler % olarak verilmiştir. (The ash composition of biomass sources investigated in the study are given in %)

Parametre	Tavuk Güb.	Ağaç talaşı	Fındık kab.	Mısır sapı	Çeltik kav.
SiO ₂	8.1	35.9	40.5	38.7	56.4
CaO	17.3	24.7	18.9	12.2	10.6
P ₂ O ₅	24.4	1.9	2.8	2.6	2.3
K ₂ O	16.3	6.6	9.7	26.3	15.7
Al ₂ O ₃	1.9	11.9	9.3	7.1	1.3
MgO	5.0	3.5	4.9	4.5	4.7
Fe ₂ O ₃	1.2	7.9	6.6	1.1	1.4
Na ₂ O	9.2	1.7	2.0	2.4	2.0
SO ₃	6.7	0.9	1.0	1.5	1.1
Mn ₂ O ₂	0.2	1.3	0.9	0.6	1.9

Biyoyakıt küllerinin genel olarak odun külü karakteri göstermesi istenir [19]. Odun külünde toprak metalleri Si, Ca ve Al oksitler hakimdir. Bileşimi ve karakteri ligno-selülozik yakıtlardan tamamen farklı tavuk gübresinde ise tavuk yeminde hakim olan maddelerin külü daha fazla bulunmuştur. Azot, tavuk külünün temel elementi olmakla birlikte yanma esnasında tamamen hava emisyonlarına gitmiştir. Kül emisyonları genel olarak azot içermez. Tavuk gübresinde alkali metal konsantrasyonları (Na₂O ve K₂O) diğer biyoyakıt kaynaklarına kıyasla çok yüksek bulunmuştur (Tablo 3). Biyoyakıtın kül konsantrasyonu ve kül bileşimi yanma kalitesi ve ısıtma değerini etkiler. Bu nedenle, kül içinde fazla miktarda P, K, S, Cl gibi elementler istenmez, çünkü yanma kalitesi, enerji dönüşüm etkinliği üzerine olumsuz etkide bulunurlar [18]. Alkali kül konsantrasyonunu yüksekliği, özellikle klor ve kükürt ile ilgili bileşikler, partikül emisyonu, cüruf, is-katran oluşumu ve korozyona neden olma potansiyeline sahiptir. Bu bileşenlerin tavuk gübresinde yüksek olması, tek başına yakılmaktansa, çalışmada incelenen diğer tarımsal ürün artıklarıyla daha düşük olmasından dolayı ürünlerin uygun karışımlar hazırlanarak birlikte yakılmasının yanma kalitesi ve enerji verimliliği yönünden daha doğru olacağını göstermektedir.

4. SONUÇLAR (CONCLUSION)

Yapılan çalışmada, yüksek rutubet içeriğinde, düşük kalorifik değere sahip olan kümes atıklarının, yakılabilir kuruluğa getirildiğinde kalorifik değerinin yükseldiği, enerji değeri yüksek biyoyakıt kaynakları ile bir araya getirildiğinde, yanma özellikleri ve emisyon değerlerinde iyileşme sağlandığı tespit edilmiştir. Tavuk gübresinde tespit edilen alt ısıl değerler ürünler, hasat artığı ürünleriyle kıyaslandığında çok düşük değildir ve bu ürünlerle karıştırılarak yükseltme potansiyeli bulunmaktadır. Yakıt özellikleri iyileştirildiğinde, kümes atıkları üretildikleri kümeşte yakıt olarak kullanılmak üzere katma değer eklenmiş yenilenebilir enerji kaynağı haline getirilebilir. Diğer yandan, kümes atıklarının yakılmasıyla ortaya çıkan yanma gazı emisyonları yönetmelik sınır değerlerini sağlamaktadır. Kül emisyonlarında ise toprak metalleri ve fosfor oranı yüksektir ve çevresel açıdan risk taşımamaktadır. Külün içerdiği yüksek oranlı fosfor geri kazanıldığında gübre ham maddesi olarak da değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] C. Karaca ve A. Başçetinçelik, “Defne yapağının briketleme ve yanma özellikleri”, *Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlar 4. Ulusal Çalıştayı*, pp. 131-138, 2009.
- [2] R. Samuelsson, M. Thyrel, M. Sjöström, ve A.T. Lestander, “Effect of biomaterial characteristics on pelletizing properties and biofuels pellet quality”, *Fuel Processing Technology*, vol. 90, pp. 1129 - 1134, 2009.
- [3] Y E. Kapluhan, “A research in the field of energy geography: Usage of biomass Energy in the World and Turkey”, *Maramara Coğrafya Dergisi*, vol. 30, pp. 97-125, 2014.
- [4] K.L. Abt, R.C. Abt, C.S. Galik ve K.E. Skog. “Effect of Policies on Pellet Production and Forests in the U.S. South: A Technical Document Supporting the Forest Service Update of the 2010 RPA Assessment”, *General Technical Report SRS-202*. US Forest Service, Southern Research Station, Asheville, NC. 2014.
- [5] K. Ericsson ve J.L. Nilsson, “International biofuel trade - A study of Swedish import”. *Biomass and Bioenergy*, vol. 26, pp. 205-220, 2004.

- [6] K. Kaygusuz ve M.F. Türker, “Biomass energy potential in Turkey”, *Renewable Energy*, vol. 26, pp. 661–678, 2001.
- [7] K. Ishii, T. Furuichi, A. Fujiyama ve S. Watanabe, “Logistics cost analysis of rice straw pellets for feasible production capacity and spatial scale in heat utilization systems: A case study in Nanporo town, Hakkaido Japan”, *Biomass and Bioenergy*, vol. 95, pp. 155-166, 2016.
- [8] S. Ozdemir, B. Sezer, “Utilization of poultry litter as organic fertilizer or bio-fuel”, *Journal of Poultry Research*, vol. 10, pp. 20-24, 2013.
- [9] S. Li, A. Wu, S. Deng, ve W.P. Pan, “Effect of co-combustion of chicken litter and coal on emissions in a laboratory-scale fluidized bed combustor”, *Fuel Processing Technology*, vol. 89, pp. 7-12, 2008.
- [10] P. Abelha, I. Gulyurtlu, D. Boavida, J.S. Barros, I. Cabrita, J. Leahy ve M. Leahy, “Combustion of poultry litter in a fluidised bed combustor”. *Fuel*, vol. 82, pp. 687-692, 2003.
- [11] R. Alamsyah, E.H. Loebis, E. Susanto, L. Junaidi ve N.C. Siregar, “An experimental study on synthetic gas (syngas) production through gasification of Indonesian biomass pellet”, *Energy Procedia*, vol. 65, pp. 292-299, 2015.
- [12] A. Kraszkiwicz, M. Kachel-Jakubowska, E. Lorencowicz, ve A. Przywara, “Influence of cellulose content in plant biomass on selected qualitative traits of pellets”, *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, vol. 7, pp. 125-130, 2015.
- [13] G. Quiroga, Y. Castrillon ve E. Maranon, “Physico-chemical analysis and calorific values of poultry manure”, *Waste Management*, vol. 30, pp. 880-884, 2010.
- [14] N.S. Bolan, A.A. Szogi, T. Chuasavathi, B. Seshadri, M.J. Rothrock ve P. Panneerselvam, “Uses and management of poultry litter”, *World’s Poultry Science Journal*, vol. 66, pp. 673-689, 2010.
- [15] SKHKK. “Sanayi kaynaklı hava kirliliğinin kontrolü yönetmeliği”, *Resmi Gazete*, Sayı. 27277, 2009.
- [16] A. Garcia-Maraver, J.A. Perez-Jimenez, F. Serrano-Bernardo ve M. Zamorano, “Determination and comparison of combustion kinetics parameters of agricultural biomass from olive trees”, *Renewable Energy*, vol. 83, pp. 897-904, 2015.
- [17] J. Villeneuve, J.H. Palacios, P. Savoie S. Godbout, “A critical review of emission standards and regulations regarding biomass combustion in small scale units (< 3MW)”, *Bioresource Technology*, vol. 111, pp. 1-11, 2012.
- [18] R. Smith, ve F.M. Slater, “The effects of organic and inorganic fertilizer applications to *Miscanthus × giganteus*, *Arundo donax* and *Phalaris arundinacea*, when grown as energy crops in Wales”, *UK. Gcb Bioenergy*, vol. 2, pp. 169-179, 2006.
- [19] O.H. Dede, ve D. Akbulut, “Analyzing the effects of biomass and coal ash for the dewatering properties of sewage sludge”, *Sakarya University Journal of Science*, vol. 21, pp. 907-914, 2017.