

BOLU İLİ TAVUKÇULUK SEKTÖRÜNDEKİ TAVUK DIŞKISI VE KÜMES ALTLIKLARININ ALTERNATİF YAKIT OLARAK ÇİMENTO FABRİKASINDA YAKMA İŞLEMİ İLE BERTARAFI

Ferhat YILMAZ^(*), Fatma ÖZTÜRK

Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik – Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği
Bölümü, Gölköy Kampüsü/Bolu

ÖZET

Tavuk üretiminin sonucu olarak ortaya çıkan tavuk dışkısı ve kümes altlığının bertarafı en önemli çevre kirlilik problemi olarak tavukçuluk endüstrisinin sorunu olmaktadır. Üretimin olduğu her dönemde sürekli olarak ortaya çıkan atıklara, çevresel ve ekonomik açıdan birtakım çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu atıklar hali hazırda, üretim bölgelerinde gübre ve toprağın ıslahı amaçlı olarak araziye verilmekte veya biriktirme ile bertaraf edilmeye çalışılmaktadır. Ancak sektörün gelişmesiyle kümes sayısının artmasına karşın tarım alanlarının sabit kaldığı veya azaldığı bölgelerde gübreyi değerlendirecek arazi yetersiz kalmaya başlamıştır. Hal böyleyken sektördeki artış ve üretimden kaynaklanan sorunlardan dolayı, Bolu ilinde tavuk dışkılarının ve kümes altlıklarının çevreye olan etkileri yeterli uygun değerlendirme yöntemlerinin olmaması nedeniyle yerleşim birimleri etrafında kurulmuş tavukçuluk işletmelerinin depoladıkları tavuk gübreleri, çevre açısından koku, sinek kaynağı, hava ve su kirliliğine neden olmaktadır.

Bu çalışmada, tavuk dışkısı ve kümes altlıklarının kimyasal içerikleri ve kalorifik değerleri detaylı bir şekilde değerlendirilmiş ve yanma ile bertarafı sırasında ve sonrasında oluşabilecek problemler irdelenmiştir.

ABSTRACT

Disposal of chicken manure and poultry litter, which have been produced as a result of chicken production, is the most important problem of the poultry industry. Poultry litter and the manure are the most important environmental pollution problem in Bolu province. An economic environmental solution is required for the wastes produced during each period of productions. At present, most of the wastes have been used directly on agricultural areas to reclaim the soils and stored at unsuitable places in order to eliminate the problem temporarily. However, in some places the poultry industry has been developing continuously causing decreases in agricultural areas. In such places, the manure application and storage places becomes limited. Because of these limitations chicken manure and poultry litter have not been sufficiently disposed in Bolu. Chicken manure stored around the poultries in the city causes smell, mites and flies, air and water pollutions.

^(*) ferhatmail@yahoo.com.tr

In this study, chemical composition and calorific value of chicken manure and poultry litter reviewed in detail and problems that may occur during or after the disposal by burning at cement factory were discussed.

ANAHTAR SÖZCÜKLER

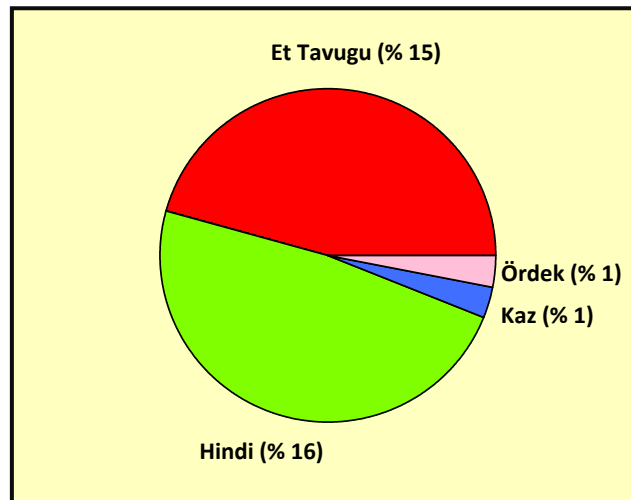
Atık Bertarafı, Tavuk Dışkısı, Kümes Altlığı, Kalorifik Değer, Kimyasal Kompozisyon

1. GİRİŞ

1.1. Problem tanımı

Tavukçuluk endüstrisi, ülkemizde hızla gelişen sektörlerden birisidir. Tavuk üretiminin sonucu olarak ortaya çıkan tavuk dışkısı ve kümes altlığının bertarafı en önemli çevre kirlilik problemi olarak tavukçuluk endüstrisinin sorunu olmayı sürdürmektedir. Üretimin devam ettiği her dönemde sürekli olarak ortaya çıkan atıklara, çevresel ve ekonomik açıdan çözüme ulaştıracak, biyogaz üretimi, yem olarak kullanılması, gübre elde edilmesi veya alternatif yakıt kaynağı olarak kullanılması gibi çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu atıklar hali hazırda, üretim bölgelerinde gübre ve toprağın ıslahı amaçlı olarak araziye verilmekte veya biriktirme ile bertaraf edilmeye çalışılmaktadır. Ancak kümes sayısının her geçen gün artmasına karşın tarım alanlarının sabit kalması ve hatta azaldığı bölgelerde gübreyi değerlendirecek arazi yetersiz kalmıştır.

Bölgelerdeki atıklarından kaynaklanan çevre problemleri ve hayvanların sayısı dikkate alındığında projenin fizibilite çalışmaları için pilot bölge olarak Bolu ili seçilmiştir. Bolu ilinde ise durum ülkemizde olduğu gibi aynıdır. Bolu ili kanatlı hayvan sektöründe 2013 yılı TÜİK verilerine göre ülkemizin tavuk ihtiyacının %33'ünü karşılamaktadır. Bolu beyaz et sektörünün Türkiye üretimindeki payı Şekil 1'de gösterilmiştir (TÜİK, 2013). Pilot bölge olan Bolu ilinde inşaat sektörünün ilerlemesi ile konut sayılarında artış meydana gelerek gübrenin değerlendirildiği araziler yetersiz kalmaya başlamıştır. Bu durumda ise tavuk dışkısı ve kümes altlıklarının herhangi bir bertaraf işlemine tabii tutulmaması insan sağlığını ve çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir.



Şekil 1. Bolu ilinde beyaz et sektörünün (%33 Türkiye'deki payı) türlere göre dağılımı

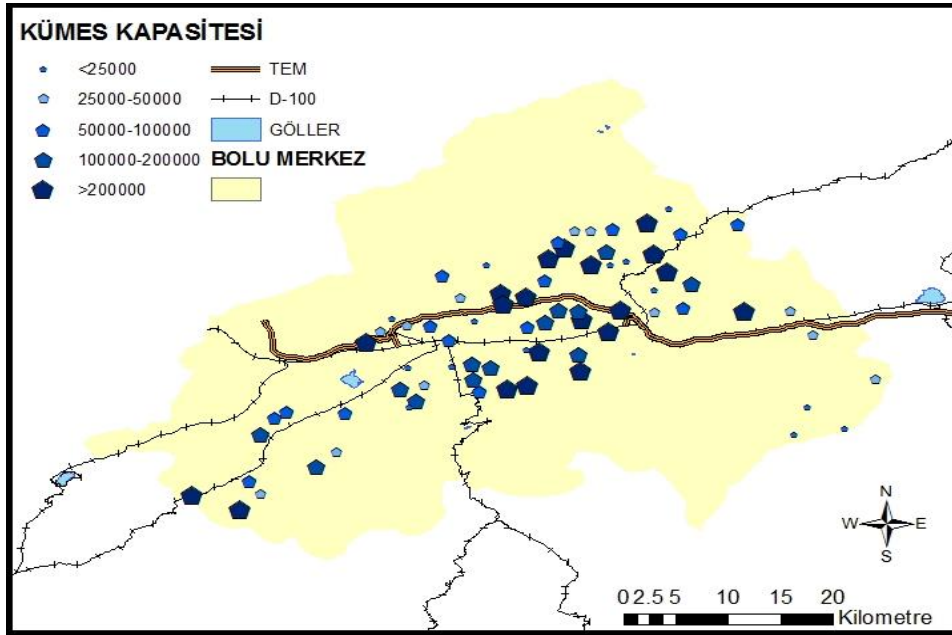
6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu-2015 7-9 Ekim 2015, İZMİR

Çevreye olumsuz etkilerinde, atıkların zararları ortadan kaldırılmadan bırakıldığında etrafta muazzam bir pis koku oluşmasına, sinek ve böceklerin ise kısa sürede artmasıyla birçok hastalıkların yayılmasına sebep olmaktadır. Atıkların araziye biriktirilmesi ile söz konusu alanın yeraltı suyuna karışıp dolaylı yollardan bölgenin su ihtiyacına ise olumsuz bir etki yapmaktadır. Günümüzde küresel ısınma ve kuraklık nedeniyle su kaynaklarında bir azalma yaşandığından azalan su kaynaklarının kirlenmemesi ve korunması büyük bir öneme sahiptir.

Literatür araştırmalarında tavuk gübresinde bulunan marek virüsü 7 gün, Gumbaro etkeni ise 122 gün canlı kalarak çevreye ve insan sağlığına zarar vermektedir. Kesimhane ve kuluçkahane artıklarında ise insan sağlığını tehdit eden Tifo, Paratifo gibi birçok hastalık etkeni bulunduğu ortam dolayısıyla kolayca gelişebilmektedir (Cabaleiro vd., 2008).

Eylül 2007’de Abant İzzet Baysal Üniversitesi’nde gerçekleştirilen Etlik Piliç Gübrelerinin Kullanım Şekilleri, Değerlendirme Yöntemleri ve Yasal Uygulamalar Semineri’nde etlik bir tavuk 42 günlük yetiştirme periyodunda yaklaşık 4,5 kg dışkı elde edildiği, buna altlık olarak kullanılan atıklarda eklendiğinde ise bir tavuktan ortalama 5 kg dışkı + organik madde elde edilmektedir. Elde edilen tavuk dışkıların üretim sürecinde milyonları bulan tavuk sayısı ile birlikte ortaya devasa bir atık çıkmaktadır. Atık miktarlarının fazla olması atık yönetiminde sorunlara yol açmakta mevcut yöntemlerin ise yetersiz duruma gelmesine neden olmaktadır. Aynı seminerde tavuk (broiler) dışkıların temel besin maddesi içeriklerinin %4,25 N ve %1,7 P olduğu belirtilmiştir.

Literatürde 3000-4000 kcal/kg olarak verilen kümes atıklarının kalorifik değeri, kömürün kalorifik değerinin yaklaşık yarısıdır (Abelha vd., 2002; Davalos vd., 2002). Benzer şekilde bir diğer çalışma kapsamında incelenen kümes atıklarında enerji değeri 3500-3800 kcal/kg olarak tespit edilmiştir (Özdemir vd., 2013).



Şekil 2. Bolu il merkezinde bulunan tavuk çiftliklerinin kapasitelerine göre dağılımı

Bolu ili merkez ilçesinde bulunan tavuk kümesleri ve çiftliklerinin kapasiteleri Şekil 2’de gösterilmiştir. Şekilden de açıkça görülebileceği gibi Bolu’da kapasitelerin yüksek olduğu kümesler merkez doğrultuda kümeleşmektedir. Bunun sonucu olarak tavuk çiftliklerinde üretilen atıkların çevreye ve bu çevrede yaşayan insanların sağlığına zararları olduğunu beklemek hiçte yanlış olmayacaktır.

1.2. Çalışmanın amacı

Tavuk dışkılarının ve kümes altlıklarının çevreye ve insan sağlığına olan olumsuz etkilerini en aza indirmek amacıyla yapılacak olan bertaraf yöntemi projede ele alınmıştır. Projede uygulanacak olan bertaraf yöntemi atıkların alternatif bir yakıt kaynağı olarak çimento fabrikasında çimento ham maddesi olan farinin yakılması esnasında kullanımı olmuştur. Atıklar kurutulduğunda kalorifik değeri kömürün %50’si kadar enerji vererek yakma işleminde kullanılabilir.

Bu bertaraf yöntemi ile birlikte tavukçuluk endüstrisi atığı olan gübre çimento sanayi kuruluşunda alternatif yakıt kaynağı olarak değerlendirilmiş, çevre ve insan sağlığı açısından büyük sorun oluşturan tavuk gübresinin katma değer özelliğinin olup olmadığı araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Analiz için Bolu Çimento Fabrikasından temin edilen tavuk gübresi ve kümes altlığı kullanılmıştır. Analizlere uygun olması için ön işlemde geçirilen 1100 gr tavuk gübresi ve kümes altlığı bir gün öncesinden 105°C’de etüve koyularak kurutulması sağlanmış, yaklaşık 12 saat sonra kuruyan numune öğütme makinesinde öğütülerek çapı 1mm’den küçük hale getirilmiş ve 850 gr olarak tartılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Tavuk gübresi ve kümes altlığı yaş ve kurutulmuş, öğütülmüş hali

2.1. Rutubet tayini

Rutubet ölçümü için 50 gr öğütülmüş numune alınarak ölçüm kabına koyulmuştur. Numune sabit tartıma gelene kadar 105°C’de bekletilmiştir. Rutubet değeri aşağıda verilen Eşitlik 1 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Rutubet} = ((M_1 - M_2)) / M \times 100 \quad (1)$$

Burada;

M_1 = İlk Tartım (gr)

M_2 = Son Tartım (gr)

M = Numune Miktarını (gr) göstermektedir.

2.2. Kül tayini

Numunenin kül tayini için porselen bir krozeye bir miktar numune koyularak tartım yapılmıştır. Porselen kroze ile birlikte numune 15 dk. 100°C'de yakma ocağında kül haline gelene kadar bekletildikten sonra 900°C'deki fırında yaklaşık 30 dk. ve 10 dk. kadar soğuması beklenmiştir. Son tartım yapılarak numunenin kül tayini aşağıda verilen Eşitlik 2 kullanılarak bulunmuştur.

$$\% \text{ Kül} = ((M_1 - M_2)) / M \times 100 \quad (2)$$

Burada;

M_1 = Deney Numunesi + Kroze Kütlesi (gr)

M_2 = 900°C'de Kızdırılmış Numune + Kroze Kütlesi (gr)

M = Numune Miktarını (gr) göstermektedir.

2.3. Uçucu madde tayini

Numunede uçucu madde tayini için cam bir krozeye numune koyularak tartım yapılmıştır. Cam kroze ile birlikte numune 7 dk. boyunca 900°C'de fırında ve 30 dk. kadar soğuması beklendikten sonra son tartım yapılarak numunenin uçucu kül tayini aşağıda verilen Eşitlik 3 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Uçucu Kül} = ((M_1 - M_2)) / M \times 100 \quad (3)$$

Burada;

M_1 = Deney Numunesi + Kroze Kütlesi (gr)

M_2 = 900°C'de Kızdırılmış Numune + Kroze Kütlesi (gr)

M = Numune Miktarını (gr) göstermektedir.

2.4. İyon tayini

Numunenin Cl^- , SO_4^{2-} ve NO_3^- iyon analizi için Leca AC 600 bomba kalori ölçer cihazında 10 ml $NaHCO_3$ + Na_2CO_3 çözeltisi ile birlikte numune patlatılmış ve tüp içerisindeki çözelti kapsül içerisine alınarak 40°C'de 4 dk. titre edilmiştir. Orta genişlikte süzgeç kağıdından süzülerek 100 ml'lik balon joje içerisine alınarak üzeri ultra saf su ile tamamlanmıştır. İçerisine balık koyularak 5 dk. manyetik karıştırıcıda karıştırılmış ve ICS cihazına koyularak sonuçlar aşağıdaki Eşitlik 4 uygulanarak hesaplanmıştır.

$$\text{Analiz Sonucu} = (\text{Cihazdan Alınan Sonuç (ppm)}) / (\text{Numune Miktarı (g)}) \times 100 \text{ mL} \quad (4)$$

2.5. Kalorifik değerin belirlenmesi

Numunede üst kalorifik değeri belirlemek için Leca AC 600 marka bomba kalorimetre cihazına yaklaşık 0,50 gr öğütülmüş numuneden alınarak tüpün içerisine koyulmuştur. Daha sonra içerisine O₂ basılarak cihaza yerleştirilen tüp, patlama işlemi gerçekleştirildikten sonra tüpten O₂ gazı alınarak hesaplanmıştır.

Numunede alt kalorifik değeri ölçmek için Eşitlik 5 kullanılmıştır:

$$\text{Alt Kalorifik Değer} = (((100 - \text{Kül}) / 100) \times 5 \times 54) - \text{Üst Kalorifik Değer} \quad (5)$$

Numunede orijinal kalorifik değeri ölçmek için Eşitlik 6 kullanılmıştır:

$$\text{Orjinal Kalorifik Değer} = (((100 - T.\text{Rutubet}) / 100) \times \text{Alt Kalorifik Değer} - 6) \times T.\text{Rutubet} \quad (6)$$

2.6. Sülfid tayini

Numunede kükürt tayini için platin krozenin içine en alt kısma EŞKA (2 kısım MgO + 1 kısım Na₂CO₃) toz halinde bir miktar koyulmuş üzerine 0,500 gr numune koyularak tekrar üstü EŞKA ile kapatılıp homojen hale gelene kadar karıştırılıp üstü tekrar tamamen EŞKA ile kapatılmıştır. 800°C'de 2 saat bekletilmiş ve beher içerisine alınarak içerisine 25 mL sıcak saf su ilave edilmiştir. İçerisine 4 damla metil oranj eklendikten sonra, üzerine yavaş yavaş 25 mL derişik HCl ilave edilmiştir. Üzeri 25 mL sıcak saf su ile tamamlanmış ve ocak üstünde kaynamaya bırakılmıştır. Yükseltgenmesi için kaynama esnasında 4 damla H₂O₂ ilave edilmiş ve orta gözenekli süzgeçten süzöldükten sonra süzölen kısma 25 mL %12 derişik BaCl₂ ilave edildi. 30 dk kaynamaya bırakılan çözelti BaSO₄ olarak çökmesi sağlanmıştır. En dar süzgeç ile pompa yardımı süzölen porselen krozenin içine alındı. 30 dk. 100°C'de yakma ocağında yakma işlemi gerçekleştirildikten sonra 950°C'de sabit tartıma gelene kadar fırına koyulmuştur. Fırından çıkartıldıktan sonra bir süre soğuması beklenen krozenin son tartımı hesaplanarak numunenin % SO₃ (sülfid) değeri için aşağıdaki Eşitlik 7 kullanılmıştır.

$$\% [\text{SO}_3] = (\text{Dolu Kroze}(\text{gr}) - \text{Boş Kroze}(\text{gr})) / (\text{Numune Miktarı}(\text{gr})) \times 0.1373 \times 100 \quad (7)$$

2.7. CHN tayini

Yukarıda bahsedilen analizlerin yapıldığı örneklerden alınan numune CHN içeriğinin belirlenmesi amacıyla TÜBİTAK MAM'a gönderilmiştir. Söz konusu kurumda örnekler Elementel Analizör (EA) cihazı kullanılarak analiz edilmiştir.

2.8. Metal tayini

Kurutulmuş ve öğütölen tavuk gübresi ve kümes althğından her birinden yaklaşık 0,5 g tartılmıştır. Daha sonra örnekler mikrodalga fırın kullanılarak ICPMS analizleri öncesinde çözelti haline getirilmiştir. Örnekleri çözödürleştirme işleminde yüksek saflıkta temin edilen 2 ml HF, 1 ml H₂O₂ ve 7 ml HNO₃ kullanılmıştır. Mikrodalga fırından çıkartılan örnekler ultra saf su ile 50 ml'ye tamamlanarak ICPMS analizine hazır hale getirilmiştir ve ICPMS cihazı kullanılarak numunede metal tayini yapılmıştır.

3. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Tavuk gübresi ve kümes altlığının uygun biçimde bertaraf edilebilmesi için öncelikli olarak kimyasal kompozisyonunun belirlenmesinde fayda bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında tavuk gübresi ve kümes altlığından oluşan örneklerin kimyasal içerikleri; elementler (Al, As, Ba, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Hf, Hg, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Rb, S, Sb, Se, Sr, Ti, Tl, V, W, ve Zn), iyonlar (Cl^- , SO_4^- ve NO_3^-), sülfid, C, H ve N açısından belirlenmiş, ayrıca örneklerin % rutubet, kalorifik değer, % kül ve % uçucu kül değerleri de belirlenmiştir.

Tavuk dışkısı ve kümes altlığı örneklerinde belirlenen rutubet, üst, aşağı kalorifik değer, uçucu kül, kül ve sülfid değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Rutubet değeri % 46.46 olarak bulunmuş olup, literatürde kümes altlığı ve tavuk dışkısı için verilen değerden yüksek olduğu saptanmıştır. Chastain vd. (çalışmada yıl belirtilmemiştir) benzer bir çalışmada tavuk dışkısı ve kümes altlığı için % rutubet değerini sırasıyla 40 ve 21.5 olarak vermiştir. Abedha vd. (2003) ise kümes altlığı için % rutubet miktarını 43 olarak vermiştir. Bu çalışmada üst, aşağı ve kalorifik değer sonuçları ise sırasıyla 4041.01, 3810,24 ve 1761.25 Kcal/kg olarak belirlenmiştir. Martin vd. (1983) tavuk gübresi için brüt enerji değerini 3047 Kcal/kg, Davalos vd. (2002) 3453 Kcal/kg ve Bock vd. (1999) 3559 Kcal/kg olarak vermiştir. Quiroga vd. (2010) ise yine tavuk gübresi için üst kalorifik değeri 3127.2 Kcal/kg ve aşağı kalorifik değeri ise 2903 Kcal/kg olarak bulmuştur. Aynı çalışmada kül değeri % 33.65 olarak belirtilmiş olup, bu çalışmada bulunan değerden, % 14.53, daha yüksektir. Sunulan bu çalışmalarda belirtilen kalorifik değer bu çalışmada bulunan değer ile karşılaştırıldığında, bu çalışmada incelenen tavuk gübresi ve tavuk altlığı örneklerinin enerji içeriği açısından yakma ile bertaraf işlemine uygun olduğu ancak rutubet miktarının nispeten yüksek olması nedeniyle örneklerin kurutma gibi bir ön işleme tabii tutulması gerektiği sonucu çıkartılabilir. Davalos vd. (2002) rutubet miktarı % 9'dan fazla olan tavuk gübresinin yakılabilmesi için ek yakıt gerektiğini vurgulamıştır. Abelha vd. (2003) ise tavuk gübresinde rutubet oranının % 25'in altında tutulması durumunda gübrenin yakılması için herhangi bir ek yakıtın (örneğin turba gibi) gerekli olmadığını ortaya koymuştur. Annamalai vd. (1985) tavuk gübresinin akışkan yataklı yanma odasında doğrudan yakılmasını incelemiş ve yanma odasında mükemmel bir akışkanlığın sağlandığını ve tavuk gübresinin 550 °C'de tutuştuğunu bulmuştur. Fakat, özellikle besleme bölümünde tavuk gübresinin çok fazla rutubet içermesi nedeniyle bazı komplikasyonlar oluştuğunu da vurgulamıştır. Bu nedenle tavuk gübresinin rutubet oranının % 11'in altına düşecek şekilde kurutulması gerektiğini belirtmiştir. Abelha vd. (2003) akışkan yataklı yanma odalarında kararlı bir yanma elde edilebilmesi için tavuk gübresinin turba ile, Li vd. (2008) ise kömürle karıştırılarak yakılmasının daha uygun olacağını savunmaktadır. Ayrıca, rutubet miktarı fazla olan atığı yakma işlemi için nakledilmesinde de problemler yaşanabilir. Dagnall vd. (2000) rutubet içeriği % 30 ile % 70 arasında olan bir atığın azami nakil mesafesinin 40 km olduğunu belirtmiştir. Rutubet içeriği yüksek olan atığın hacimide fazla olacağından, bertaraf edileceği lokasyona taşınımı ekonomik açıdan uygun olmayacaktır. Tüm bu bilgiler ışığında, Bolu'da tavuk çiftliklerinden açığa çıkan tavuk gübresi ve kümes altlığının yüksek rutubet içermesi nedeniyle ilde üretilen başka atıklarla karıştırılarak yanma yoluyla bertaraf edilmesinin en uygun yöntem olduğu sonucu çıkartılabilir. Tavuk gübresi odun kıymıkları ya da katı atıkla karıştırılarak yakılabilir.

Tablo 1. Tavuk dışkısı ve kümes altlığının rutubet, kalorifik değer, uçucu kül, kül ve sülfat açısından kompozisyonu

Analiz	Sonuç
Rutubet (%)	46.46
Üst Kalorifik Değer (Kcal/kg)	4041.01
Aşağı Kalorifik Değer (Kcal/kg)	3810.24
Kalorifik Değer (Kcal/kg)	1761.25
Uçucu Kül (%)	68.42
Kül (%)	14.53
SO ₃ (%)	6.102

Bu çalışmada üç farklı yöntemle tavuk gübresi ve kümes altlığında kükürt bileşeni incelenmiştir: Sülfat (Tablo 1), sülfat (Tablo 2) ve toplam kükürt (Tablo 4). ICPMS ile toplam kükürt ölçüldüğünden bu raporda kükürt ile ilgili yapılan tartışmalarda Tablo 4’de raporlanan değer baz alınacaktır. Tavukçuluk sektöründe kükürtün en önemli kaynağı kümes altlığında oluşan amonyak miktarını azaltmak için kümeslere uygulanan alüminyum sülfattır. Ayrıca alüminyum sülfatın yine tavuk gübresinde yüksek konsantrasyonlarda bulunan fosforun çözünürlüğünü azalttığı ve böylece tavuk gübresinden yüzey sularına ve yeraltı suyuna daha az fosforun taşındığı da bilinmektedir (Moore vd., 2000). Bu çalışmada kükürt miktarı $8121 \pm 120 \mu\text{g g}^{-1}$ (yaklaşık olarak $\% 0.8 \pm 0.012$) olarak bulunmuştur (bkz.Tablo 4). Quiroga vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada tavuk gübresi içeriğinde kükürt miktarının farklı çiftlikler için $\% 0.016 \pm 0.001$ ile $\% 0.357 \pm 0.033$ arasında değiştiği, ortalama değer ise $\% 0.109$ olduğu bulunmuştur. Nicholson vd. (1996) tavuk gübresinde kükürt değerini $\% 0.5$, Bock vd. (1999) ise $\% 0.3$ olarak belirlemiştir. Bu çalışmada ölçülen kükürt değeri literatürde verilen değerlere göre yüksek olup farklı çiftliklerde farklı uygulamaların olması bu sonucu doğurmuş olabilir. Ayrıca bu çalışmada belirlenen değerler tavuk gübresi ve kümes altlığı örneklerinden oluşan kompozit numune için belirlenmiş olup, karşılaştırmada sadece tavuk gübresinde belirlenen değerler kullanılmıştır. Tavuk çiftliklerine ait atıkların yanma ile bertaraf edilmesinde kükürt muhtevatinin belirlenmesinin sebebi, yanma sonucu atmosfere salınan SO₂ emisyonlarının yağmurun pH değerini düşürmesi ve ayrıca yanma sonunda oluşan külünde kükürt içeriğinin dikkate alınma zorunluğundan kaynaklanmaktadır. Yanma sonucu oluşan SO₂ ayrıca akışkan yatakta bulunan aksamın zamanla korzyona uğramasına ve ekonomik ömrünü tamamlamadan yeni aksama ihtiyaç duymasına sebep olmaktadır. Tavuk gübresi ve kümes altlığında bulunan Ca ve Mg, ki bu çalışmada bu parametreler için ortalama konsantrasyon değerleri sırasıyla $9509 \pm 122 \mu\text{g g}^{-1}$ ve $4185 \pm 101 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur (bkz.Tablo 4). Örneklerin içinde bulunan kükürtün tamamını CaSO₄ ve MgSO₄ olarak bağlayacağından, bu çalışmada çalışılan örneklerin yanma ile bertarafında kükürt açısından herhangi bir sorunun olacağı düşünülmektedir.

Tablo 2’de klorür konsantrasyonu 0.323 mg g^{-1} ($\% 0.0323$) olarak verilmiştir. Yanma sırasında klorür HCl ve dioksin oluşumuna sebep olabilmektedir. Dioksin bir kalıcı organik bileşik olup, yaşayan canlılarda kansere sebep olduğu bilinmektedir. Ayrıca yüksek klorür konsantrasyonu yanma sırasında partikül madde konsantrasyonunda artışa ve oluşan HCl yine yanma aksamında korozyona da neden olmaktadır. Avrupa Birliği direktifinde eğer atık içeriğinde $\% 1$ ’den fazla klorür varsa yanma sıcaklığının 1100°C ’de tutulması gerektiği belirtilmiştir (Directive 2000/76/EC). Bu çalışmada incelenen örneklerin yanma ile bertaraf

6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu-2015 7-9 Ekim 2015, İZMİR

edilmesi durumunda, örneklerin muhteviyatında klorür miktarı % 1'den küçük olduğu için yanma sıcaklığı 1100°C'den daha düşük bir seviyede tutulabilir.

Tablo 2: IC cihazı ile tavuk gübresinin iyon analiz sonuçları

Element	Sonuç (mg g ⁻¹)
Cl-	0.323
SO4-	0.689
NO3-	0.128

Çalışma kapsamında değerlendirilen örneklerin elemental analizör cihazı ile analiz edilmesinden elde edilen sonuçlar Tablo 3'de sunulmuştur. Örneklerin karbon, hidrojen ve azot içerikleri sırasıyla % 34.935, 4.895 ve 1.48 olarak bulunmuştur. Quiroga vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada tavuk gübresi içeriğinde bu parametreler sırasıyla % 36.2, 4.6 ve 5.9 olarak bulunmuştur. Davalos vd. (2002) tarafından İspanya'da yapılan çalışmada ise yine bu parametreler sırasıyla % 34.7, 5.2 ve 5.6 olarak belirlenmiştir. Bock (1999) ise ABD'nin Maryland eyaletinde bulunan tavuk çiftliklerinden topladığı gübre örneklerinde bu parametreleri sırasıyla % 27.2, 2.7 ve 3.7 olarak rapor etmiştir. Literatürde verilen değerler bu çalışmada elde edilen değerlerle CHN açısından karşılaştırıldığında özellikle bu çalışmada değerlendirilen örneklerde belirlenen azot içeriğinin diğer çalışmalara kıyasla oldukça düşük olduğu söylenebilir. Yakma ile bertaraf edilecek örneklerde azot içeriğinin belirlenmesinin sebebi yanma sonucunda açığa çıkacak NO_x emisyonlarının seviyeleri hakkında bilgi sahibi olunmasıdır. Bu çalışmada bulunan azot değerine bakarak, çalışmada değerlendirilen örneklerin yakılması durumunda NO_x emisyonlarının problem olup olmayacağını söylemek mümkün değildir. Yanma sırasındaki hava miktarına bağlı olarak söz konusu atıkların yanması durumunda atmosfere salınacak NO_x emisyonları da değişkenlik gösterecektir.

Tablo 3: Tavuk dışkısı ve kümes altlığının elementel analiz sonuçları

C (%)	H (%)	N (%)
34.935	4.895	1.48

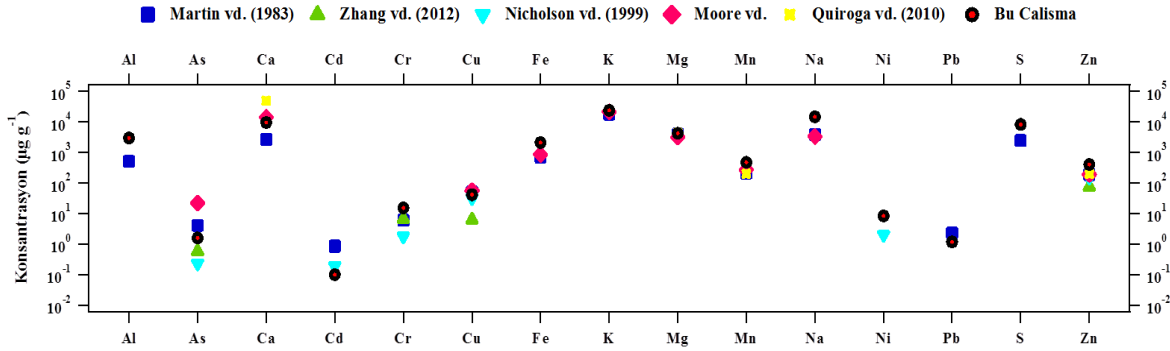
Bu çalışmada tavuk gübresi ve kümes altlığı örnekleri ICPMS cihazı ile Al, As, Ba, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Hf, Hg, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Rb, S, Sb, Se, Sr, Ti, Tl, V, W, ve Zn açısından analiz edilmiş ve sonuçlar Tablo 4'de sunulmuştur. Tablo 4'de ölçülen parametrelere ait ortalama, standart sapma, ortanca ve geometrik ortalama değerlerini göstermektedir. Tablo 4'de verilen parametrelerden en yüksek konsantrasyon değeri K (23447±215 µg g⁻¹) ve en düşük konsantrasyon değeri ise Sb (0.048±0.007 µg g⁻¹) için bulunmuştur. Potasyumdan sonra en yüksek konsantrasyon değerleri Na, Ca, S, Mg ve Fe için sırasıyla 14567±347, 9509±122, 8121±120, 4185±101 ve 2081±46 µg g⁻¹ olarak bulunmuştur. Tavuk gübresinde ve kümes altlığında Tablo 4'de verilen parametrelerin bulunmasının sebebi bu parametrelerden bazılarının tavukçuluk sektöründe tavuk yemine katkı maddesi olarak katılmasından ileri gelmektedir. Örneğin, Nicholson vd. (1999) tavuk yeminde çinko içeriğinin 28 ile 4030 mg kg⁻¹ ve bakır içeriğinin ise 5 ile 234 mg kg⁻¹ olduğunu belirtmiştir.

Bu çalışmada analiz edilen örneklerde bulunan metal içerikleri literatürde başka çalışmalarda bulunan değerlerle karşılaştırılmış ve sonuçlar Şekil 4'te sunulmuştur.

Tablo 4. ICP-MS sonuçları ($\mu\text{g g}^{-1}$)

Elements	Ar. Ort.	Std. S.	Ortanca	Geo.Ort.
Al	2941	83	2956	2940
As	1.58	0.04	1.60	1.58
Ba	28.12	1.30	28.71	28.09
Bi	0.024	0.002	0.023	0.024
Ca	9509	122	9546	9508
Cd	0.10	0.01	0.11	0.10
Ce	2.17	0.08	2.16	2.17
Co	4.56	0.08	4.54	4.56
Cr	15.25	0.80	15.01	15.23
Cs	0.62	0.02	0.60	0.62
Cu	41.16	0.53	41.26	41.15
Fe	2081	46	2080	2080
Hf	0.15	0.03	0.14	0.15
K	23447	215	23495	23447
Mg	4185	101	4175	4184
Mn	468	4	466	468
Mo	4.80	0.07	4.84	4.80
Na	14567	347	14615	14564
Ni	8.31	0.11	8.30	8.31
Pb	1.18	0.03	1.18	1.18
Rb	20.15	0.46	20.19	20.14
S	8121	120	8075	8120
Sb	0.048	0.007	0.048	0.047
Sr	37.38	0.50	37.47	37.38
Ti	167	7	163	167
Tl	0.030	0.001	0.031	0.030
V	8.77	0.27	8.70	8.77
W	0.45	0.02	0.45	0.45
Zn	401	10	398	401

Karşılaştırma kullanılan çalışmalardan Zhang vd. (2012)'de raporlanan değerler kapasitesi 2000'den küçük olan tavuk çiftliklerinden temin edilen tavuk gübrelere bulunmuştur. Yine diğer çalışmalarda verilen değerlerde tavuk gübresinde belirlenen element içeriklerini göstermektedir. Şekil 4'den de açıkça görülebileceği gibi karşılaştırmada kullanılan çalışmalar içinde en yüksek Al, Cr, Fe, Mn, Na, Ni, S ve Zn değerleri bu çalışmada bulunmuştur. İncelenen parametrelerden As bu çalışmada $1.58 \pm 0.04 \mu\text{g g}^{-1}$ değeriyle en yüksek üçüncü değerdir. Tavuk çiftliklerinde antibiyotik olarak kullanılan As, dışkı ile atığa karışmaktadır ve atığın gübre olarak toprağa uygulanması durumunda yüzey sularına ve yeraltı suyuna karışabilmektedir.



Şekil 4. Bu çalışmada elde edilen değerlerin literatürde verilen değerlerle karşılaştırılması

4. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada kümes atıklarının detaylı bir karakterizasyonu yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar kümes atıklarının kalorifik değerinin yanma ile bertarafa uygun olduğu, ancak atıklarda bulunan rutubet oranının fazla olmasından dolayı, yanma öncesinde atıkların kurutma gibi bir ön işleme maruz bırakılması gerektiğini göstermektedir. Her ne kadar atıkta belirlenen kükürt miktarı fazla olsada yine atığın içeriğinde bulunan Ca ve Mg gibi elementler kükürtü bağlayarak yanma sırasında oluşacak SO₂ emisyonlarını azaltacaktır. Atıkta belirlenen klorür miktarında yanma sırasında oluşabilecek HCl ve dioksin gibi toksik gazların oluşumuna neden olmayacak kadar azdır. Bu çalışma kapsamında değerlendirilen parametrelerden azotun literatürde benzer çalışmalarda verilen azot değerine oranla oldukça düşük olduğu bulunmuştur. Her ne kadar atığın azot içeriği düşük olsada atığın yakılması sırasında açığa çıkan NO_x emisyonlarının seviyeleri yanma sırasında sisteme verilen oksijen mikratına bağlı olarak değişecektir. Tavuk atığında toksik ağır metal (As, Pb, Cr ve Cd) konsantrasyonlarında belirlenmiş olup, literatür ile yapılan karşılaştırmada bu çalışmada belirlenen As konsantrasyonunun en yüksek üçüncü değere sahip olduğu saptanmıştır. Kümes atığının yanma ile bertarafı sırasında oluşan külün bu nedenle uygun bertaraf edilmesiyle arseniğin çevreye olan olumsuz etkisi kontrol altında tutulmalıdır.

Bu çalışmanın ana amacı tavuk çiftliklerinde oluşan atıkların yakma ile bertarafının incelenmesiydi. Bu kapsamda bertarafın öncesinde gerekli olan kimyasal karakterizasyon işlemi tamamlanmıştır. Çimento fabrikasında söz konusu bu atık kullanılarak yakma denemeleri de yapılmıştır. Ancak, kurumsal gizlilikten dolayı yakma sırasında ve sonrasında hem baca gazında hem de oluşan külde elde edilen verilere erişimimiz mümkün olamamıştır. Bu çalışmadan elde edilen bulguların yakma deneyleri sırasında ve sonrasında ölçülen parametrelerle integrasyonu, Bolu'nun en büyük çevresel problemlerinden birisi olan kümes atıklarının bertarafı için yanmanın ne kadar uygun bir yöntem olup olmayacağını gösterecektir.

TEŞEKKÜR

Projeye maddi destek sağlayan TÜBİTAK (Program kodu: 2209/A)'a, proje için burs desteği veren Türkiye Çevre Koruma Vakfı'na, analiz kısmında desteklerini esirgemeyen Bolu Çimento A.Ş.'ye teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Abelha, P., Gulyurtlu, I., Boavida, D., Barros S. J., Cabrita, I., Leahy, J., Kelleher, B., Leahy M., 2003. Combustion of poultry litter in a fluidised bed combustor. *Fuel*. 82, 687-692.
- Annamalai, K., Madan, A., Sweetan, J., Lepori, W., Jenkins, P., 1985. Combustion of feedlot manure in fluidised beds. *Proceedings of the international Conference on Fluidised Bed Combustion*, 22, 884-894.
- Atıkların Ek Yakıt Olarak Kullanılmasında Uyulacak Genel Kurallar Hakkında Tebliğ (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2005)
- Bhattacharya, A.N., Fontenot, J.P., 1996. Protein and Energy Value of Peanut Hull and Wood Shaving Poultry Litters. *J Anim Sci*. 25:367-371.
- Bock, B.R., 1999. Poultry litter to energy: technical and economic feasibility, (<http://www.brbrock.com/RefFiles/PoultryLitter+Energy.doc>)
- Bujoczek, G., Oleszkiewicz, J., Sparling, R., Cenkowski, S., 2000. High Solid Anaerobic Digestion of Chicken Manure. *J. agric. Engng Res.*, 76, 51-60.
- Cabaleiro F., Lopez-Mosquera, M.E, Sainz, M.J., Lopez-Fabal, A., Carral, E., 2008. Fertilizing value of broiler litter: Effects of drying and pelletizing. *Bioresource Technology*, 99, 5626-5633.
- Chastain, J.P., Camberato, J.J., Skewes, P..Chapter 3b:Poultry Manure Production and Nutrient Content. (https://www.clemson.edu/extension/livestock/camm/camm_files/poultry/pch3b_00.pdf)
- Dagnall, S., Hill, J., Pegg, D., 2000. Resource mapping and analysis of farm livestock manures-assessing the opportunities for biomass-to-energy schemes. *Bioresource Technology*, 71(3), 225-234.
- Davalos, J.Z., Roux, V.R., Jimenez, P., 2002. Evaluation of poultry litter as a feasible fuel. *Thermochimica Acta*, 394, 261-266.
- Demirulus, H., Aydın, A., 1996. Tavukçuluk Artık ve Atık Maddelerinin İşlenerek Çevre Kirliliğinin Azaltılması. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 19, 22-26.
- Directive 2000/76/EC of the European Parliament and of the Council of 4 December 2000 on the incineration of waste.
- Eleroğlu, H., Yıldız, S., Yıldırım, A., 2013. Tavuk Dışkısının Çevre Sorunu Olmaktan Çıkarılmasında Uygulanan Yöntemler. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 2, 14-24. Global Cement Magazine, May 2011. p.51-55.
- İnal, A., Sözüdoğru, S., Erden, D., 1996. Tavuk Gübresinin İçeriği ve Gübre Değeri. *Tarım Bilimleri Dergisi*. 2 (3), 45-50.

Li, S., Wu, A., Deng, S., Pan, W., 2008. Effect of co-combustion of chicken litter and coal emissions in a laboratory scale fluidized bed combustor. *Fuel Processing Technology*, 89(1), 7-12

Martin, J.H., Loehr, R.C., Pilbeam, T.E., 1983. Animal manures as Feedstuffs: Nutrient Characteristics. *Agricultural Wastes*, 6, 131-166.

Moore, P.A., Daniel, T.C., Edwards, D.R., 2000. Reducing Phosphorus Runoff and Inhibiting Ammonia Loss from Poultry Manure with Aluminum Sulfate, *Journal of Environmental Quality*, 29.1: 37-49.

Moore, P.A., Daniel, T.C., Sharpley, A.N., Wood, C.W., Chapter 3, Poultry Manure Management (Yayımda yıl ve basım evi belirtilmemiştir).

Nicholson, F.A., Chambers, B.J., Smith, K.A., 1996. Nutrient composition of poultry manures in England and Wales. *Bioresource Technology* 58 (3), 279–284.

Nicholson, F.A., Chambers, B.J., Williams, J.R., Unwin, R.J., 1999. Heavy metal contents of livestock feeds and animal manures in England and Wales. *Bioresource Technology* 70 (1), 23–31.

Özdemir, S., Sezer, B., 2013. Kümes Atıklarının Organik Gübre ve Biyo-Yakıt Olarak Değerlendirilmesi. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi*. 10, 20-24.

Türkiye İstatistik Kurumu (www.tuik.gov.tr)

TÜBİTAK ÇAYDAG 112Y037, 'Bolu Atmosferinde Bulunan Gaz ve Partikül Fazlı Kirleticilerin Zamansal ve Mekânsal Değişiminin İncelenmesi ve Yeni Bir Yaklaşımla Kirleticili Kaynaklarının Belirlenmesi: İzotopik Kompozisyon', III. Gelişme Raporu

Quiroga, G., Castrillon, L., Fernandez-Nava, Y., Maranon, E., 2010. Physico-chemical analysis and calorific values of poultry manure, *Waste Management* 30, 880-884.

Zhang, F., Li, Y., Yang, M., Li, W., 2012. Content of Heavy Metals in Animal Feeds and Manures from Farms of Different Scales in Northeastern China, *Int.J. Environ. Res. Public Health*, 2658-2668.