

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİYOKÜTLE ENERJİ SANTRALİ KÜLLERİ VE  
ORGANİK ATIKLARDAN ORGANOMİNERAL  
GÜBRE GELİŞTİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hasan ÖZER**

**Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Ömer Hulusi DEDE**

**Mayıs 2017**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİYOKÜTLE ENERJİ SANTRALİ KÜLLERİ VE  
ORGANİK ATIKLARDAN ORGANOMİNERAL  
GÜBRE GELİŞTİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hasan ÖZER**

**Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ**

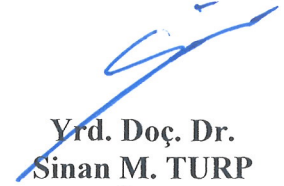
Bu tez 12.05.2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.



**Yrd. Doç. Dr.  
Ömer H. DEDE  
Jüri Başkanı**



**Prof. Dr.  
Saim ÖZDEMİR  
Üye**



**Yrd. Doç. Dr.  
Sinan M. TURP  
Üye**

## **BEYAN**

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Hasan ÖZER

24.04.2017

## TEŞEKKÜR

Öğrencilik ve çalışma hayatıma ileri görüşlülüğüyle ve hayat görüşüyle yön veren ve bu tezin yapılmasında büyük emeği olan değerli danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Ömer Hulusi DEDE'ye, bizlere akademik kültürü öğreten, çalışma azmini aşıl原因 ve her daim fikirleriyle bizleri yönlendiren değerli hocamız Sayın Prof. Dr. Saim ÖZDEMİR'e biyokütle külu temininde verdikleri destekten ötürü Güncan Enerji'ye, içtenlikle teşekkür ederim.

Bu aşamaya gelirken her daim yanımda olan ve desteğini hiç esirgemeyen sevgili eşim Tuğba ÖZER'e, başta annem ve babam Perihan-Mustafa ÖZER olmak üzere tüm aileme en içten sevgi ve şükranlarımı sunarım.

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	vi
TABLolar LİSTESİ .....	viii
ÖZET.....	ix
SUMMARY .....	x
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2.	
KONUNUN BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK UYGULAMADAKİ YERİ .....	3
2.1. Bitkisel Üretiminde Gübre Kullanımı .....	4
2.1.1. Doğal gübreler .....	4
2.1.2. Hayvansal kökenli çiftlik gübreleri .....	5
2.1.3. Bitkisel kökenli gübreler .....	8
2.1.4. Kentsel ve endüstriyel atık kökenli gübreler .....	8
2.1.5. Kimyasal Gübreler .....	9
2.1.6. Dünyada ve Türkiye’ de kimyasal gübre kullanımı.....	9
2.1.7. Organomineral gübreler .....	11
2.1.8. Biyokütle külü .....	13
2.2. Konuyla İlgili Olarak Daha Önce Yapılmış Bilimsel Çalışmalar .....	15
BÖLÜM 3.	
MATERYAL VE METOT .....	24

3.1. Tavuk Gübresinin Miktarı ve Mevcut Durumunun Belirlenmesi	
Amacıyla Yapılan Çalışmalar .....	25
3.2. Çalışmada Kullanılan Tavuk Gübrelereinin Temini .....	26
3.3. Çalışmada Kullanılan Biyokütle Külünün Temini .....	27
3.4. Tavuk Gübresi ve Biyokütle Külü Karışımlarının Hazırlanması.....	29
3.5. Kuru Madde Miktarı ve Nem İçeriklerinin Belirlenmesi .....	31
3.6. pH ve Elektriksel İletkenliğin (EC) Belirlenmesi.....	32
3.7. Organik Madde İçeriğinin Belirlenmesi.....	33
3.8. Toplam Azot (N)İçeriğinin Belirlenmesi .....	33
3.9. Organik Karbon (C) İçeriğinin Belirlenmesi.....	34
3.10. C/N Oranının Belirlenmesi.....	35
3.11. Numunelerin Fosfor (P) İçeriğinin Belirlenmesi .....	35
3.12. Numunelerin Potasyum (K) İçeriğinin Belirlenmesi .....	36
3.13. Mikro Element İçeriğinin Belirlenmesi .....	36
3.14. Karışımların Fitotoksisite Düzeyinin Belirlenmesi.....	37
3.15. Biyokütle Külü İlavesinin Patojen Mikroorganizma Giderimine	
Etkisinin Belirlenmesi .....	38
3.16. Sonuçların Değerlendirilmesinde Kullanılan İstatistiksel	
Yöntemler.....	39

#### BÖLÜM 4.

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....	40
4.1. Tavuk Gübresinin Miktarı ve Mevcut Durumunun Belirlenmesi.....	41
4.2. Çalışmada Kullanılan Tavuk Gübresinin Özellikleri .....	44
4.3. Çalışmada Kullanılan Biyokütle Külünün Özellikleri .....	47
4.4. Sıcak Biyokütle Külü Kullanılarak Tavuk Gübresinin Nem	
Miktarının Düşürülmesi .....	49
4.5. Biyokütle Külü Uygulamasının Bitki Besin Elementleri Üzerine	
Etkileri.....	50
4.5.1.Biyokütle külü uygulamasının tavuk gübresinin fosfor (P)	
içeriğine Etkileri .....	50
4.5.2. Biyokütle külü uygulamasının tavuk gübresinin toplam	
azot (N) içeriğine etkileri.....	52

4.5.3. Biyokütle külü uygulamasının tavuk gübresinin potasyum (K) içeriğine etkileri.....	53
4.5.4. Biyokütle külü uygulamasının tavuk gübresinin kalsiyum (Ca) içeriğine etkileri .....	54
4.5.5. Biyokütle külü uygulamasının tavuk gübresinin magnezyum (Mg) içeriğine etkileri.....	55
4.5.6. Biyokütle külü uygulamasının tavuk gübresinin sodyum (Na) içeriğine etkileri.....	56
4.5.7. Biyokütle külü uygulamasının tavuk gübresinin organik madde, toplam organik karboniçeriğine ve C/N oranına etkileri .....	57
4.5.8. Biyokütle külü uygulamasının tavuk gübresinin pH, elektriksel iletkenli (EC) ve çimlenme indeksine (Çİ) etkileri .....	58
4.5.9. Biyokütle külü uygulamasının tavuk gübresinin mikro element içeriğine etkileri .....	59
4.5.10. Biyokütle külü uygulamasının tavuk gübresinin patojen mikroorganizma içeriğine etkileri.....	62
BÖLÜM 5.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	64
KAYNAKLAR.....	68
ÖZGEÇMİŞ .....	74

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

C:N	: Organik karbon/azot oranı
Çİ	: Çimlenme indeksi
EC	: Elektriksel iletkenlik
EMS	: En muhtemel sayı
GB	: Grid boyutu
GGM	: Griddeki gübre miktarı
GM	: 1m <sup>2</sup> 'deki gübre miktarı
K	: Biyokütle külü
KM	: Kuru madde
KOB	: Koloni oluşturan birim
OM	: Organik madde
T	: Tavuk Gübresi
TK	: Tavuk Gübresi ve Biyokütle Külü Karışımı
TN	: Toplam Azot
TOC	: Toplam Organik Karbon



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Ahr (Çiftlik) Gübreleri.....	5
Şekil 2.2. Broiler tavukçuluk .....	7
Şekil 2.3. Bazı ülkelerdeki hektar başına tüketilen kimyasal gübre miktarları.....	10
Şekil 2.4. Türkiye’ de illere göre gübre tüketimi . .....	11
Şekil 2.5. Organomineral gübreler . .....	12
Şekil 2.6. Biyokütle enerji santrali.....	14
Şekil 2.7. Biyokütle reaktörlerinde kullanılan parçalanmış bitkisel kökenli yakıt .	14
Şekil 2.8. Biyokütlenin yakılması sonucu oluşan küller . .....	15
Şekil 3.1. Altlıklı yetiştiricilik ve ortaya çıkan tavuk gübreleri.....	26
Şekil 3.2. Tavuk gübrelerinin sıyırılması ve kümesin temizlenmesi . .....	27
Şekil 3.3. Prototip santral ve akışkan kazanlı yakma ünitesi . .....	28
Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan biyokütle külü numuneleri . .....	29
Şekil 3.5. Biyokütle külü ve tavuk gübresi karışımı numuneleri.....	31
Şekil 3.6. Tavuk gübresinin sıcak biyokütle külü ile karıştırılması ve karışımın nem miktarının belirlenmesi . .....	32
Şekil 3.7. Numunelerin pH ve EC ölçümü. ....	32
Şekil 3.8. Toplam organik madde (OM) miktarının belirlenmesi.....	33
Şekil 3.9. Toplam azot (N) miktarının belirlenmesi . .....	34
Şekil 3.10. Organik Karbon (C) içeriğinin belirlenmesi . .....	34
Şekil 3.11. Toplam Fosfor (P) içeriğinin belirlenmesi. ....	35
Şekil 3.12. Numunelerin ağır metal içeriklerinin belirlenmesi . .....	36
Şekil 3.13. Tere tohumları ile yapılan çimlenme testi . .....	38
Şekil 3.14. Patojen mikroorganizmaların belirlenmesi . .....	39
Şekil 4.1. Yol kenarına dökülmüş tavuk gübreleri. ....	43
Şekil 4.2. Farklı oran ve sıcaklıklardaki biyokütle külünün tavuk gübresi nem miktarına etkisi .....	49

Şekil 4.3. Farklı oran ve sıcaklıklardaki biyokütle külünün tavuk gübresinin toplam azot (N) oranına etkisi .....	51
Şekil 4.4. Farklı oran ve sıcaklıklardaki biyokütle külünün tavuk gübresinin fosfor (P) oranına etkisi.....	53
Şekil 4.5. Farklı oran ve sıcaklıklardaki biyokütle külünün tavuk gübresinin potasyum (K) oranına etkisi .....	54
Şekil 4.6. Farklı oran ve sıcaklıklardaki biyokütle külünün tavuk gübresinin kalsiyum (Ca) oranına etkisi.....	55
Şekil 4.7. Farklı oran ve sıcaklıklardaki biyokütle külünün tavuk gübresinin magnezyum (Mg) oranına etkisi.....	56
Şekil 4.8. Farklı oran ve sıcaklıklardaki biyokütle külünün tavuk gübresinin sodyum (Na) oranına etkisi.....	57

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Bazı hayvan gübrelereinin özellikleri .....	6
Tablo 2.2. Broiler ve yumurta tavukçuluğu gübrelereinin bitki besin elementi değerleri .....	7
Tablo 3.1. Karışımelerde kullanılan kül ve tavuk gübresi miktarları .....	30
Tablo 4.1. Saha çalışmasında belirlenen tavuk başına yıllık gübre miktarları...	42
Tablo 4.2. Çalışmada kullanılan tavuk gübresinin özellikleri.....	45
Tablo 4.3. Çalışmada kullanılan tavuk gübresinin mikro element içeriği.....	46
Tablo 4.4. Çalışmada kullanılan tavuk gübresinin patojen mikroorganizma içeriği	46
Tablo 4.5. Çalışmada kullanılan biyokütle külünün özellikleri .....	47
Tablo 4.6. Çalışmada kullanılan biyokütle külünün mikro element içeriği.....	48
Tablo 4.7. Farklı oran ve sıcaklıklardaki biyokütle külü ve tavuk gübresi karışımelerinin OM, TOC, C/N, pH, EC ve Çİ değerleri .....	58
Tablo 4.8. Farklı orandaki biyokütle külü ve tavuk gübresi karışımelerinin mikro element içerikleri .....	61

## ÖZET

Anahtar Kelimeler: Tavuk gübresi, biyokütle külü, azot kaybı, zenginleştirme

Tavuk gübresi, içeriğindeki yüksek miktardaki bitki besin elementleri nedeniyle tarımsal üretim için önemli bir kaynaktır. Ancak ham tavuk gübresinin yüksek ayrışma hızı, koku ve vektör çekiciliği problemleri gibi sorunlardan dolayı, faydalı kullanımı oldukça sınırlıdır. Mevcut durumda tavuk gübreleri orman içlerine, tarla ve yol kenarlarına atılmakta ve bu durum başta su kaynakları olmak üzere doğal çevre ve insan sağlığını tehdit etmektedir. Bunun yanında yakıt olarak biyokütle kullanan enerji santralleri hızla yaygınlaşmakta ve ortaya bertaraf edilmesi gereken bol miktarda sıcak biyokütle külü çıkmaktadır. Oysa biyokütle külü de bitki besin elementleri açısından oldukça zengindir. Faydalı bir kullanım amacı bulunmayan ve atık olarak görülen bu kaynakların değerlendirilmesi amacıyla yapılan bu çalışmada, tavuk gübresi (Broiler) ve biyokütle külünün değişik oranlardaki karışımları hazırlanarak, sıcak biyokütle külünün tavuk gübresinin mineral içeriğinin zenginleştirilmesine, nem miktarının azaltılmasına ve patojen giderimine olan katkısı araştırılmıştır. Bu amaçla tavuk gübresinin kuru madde miktarına (%74,77) göre değişen oranlarda (%10,20,30,40,50) ve farklı sıcaklıklarda (100, 150, 200, 250°C) biyokütle külü ilave edilerek karışımlar hazırlanmış ve bu işlemin etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, 250°C' de %50 biyokütle külü ilavesinin ham tavuk gübresinin %25,23 olan nem miktarını %9,82 ye kadar düşürdüğünü, ancak yüksek sıcaklığın azot kaybını arttırmasından dolayı ideal karıştırma sıcaklığının 150°C olduğunu ortaya koymuştur. Bununla birlikte biyokütle külü ilavesi karışımların bitki besin elementi içeriğini önemli ölçüde arttırmıştır. En yüksek artışlar % 50 biyokütle külü kullanılan uygulamalarda ve makro elementlerden Ca (%19,34) ve K (%4,03), mikro elementlerden ise Fe (1545,03 mg/kg), Mn (812,61 mg/kg) ve Zn (479,96 mg/kg) da belirlenmiştir. Ayrıca sıcak biyokütle külü uygulaması ile tavuk gübresinin de yüksek oranda patojen mikroorganizma giderimi sağlanmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlardan, sıcak biyokütle külü ilavesi ile tavuk gübresinin nem miktarı düşürülerek koku ve patojen giderimi sağlanabileceği, tavuk gübresinin bitki besin elementi içeriğinin önemli ölçüde arttırılabileceği, atık olarak ciddi çevre ve sağlık sorunlarına yol açan tavuk gübresi ve biyokütle külünün, tarımsal üretim için değerli ve katma değeri yüksek bir ürün haline getirilebileceği sonucuna varılmıştır.

# **DEVELOP ORGANOMINERAL FERTILIZER FROM BIOMASS ENERGY POWER PLANT ASH AND ORGANIC WASTES**

## **SUMMARY**

Keywords: Poultry manure, biomass ash, nitrogen loss, enrichment

Due to the high amount of plant nutrients in its content, the poultry manure is an important resource for agricultural production. However, the beneficial use of raw poultry manure is very limited because of problems such as high decomposition rate, odor and vector attractiveness problems. At present, poultry manures are being thrown into forests, field and road sides and this situation threatens the natural environment and human health, especially water resources. Moreover, the power plants that use biomass as fuel are spreading rapidly and a large amount of hot biomass ashes required to be disposed of emerges. In fact, the biomass ash is also considerably rich in terms of plant nutrients.

In this study carried out for the purpose of evaluation of these resources considered not having any application objective and a waste, the contribution of the hot biomass ash to the enrichment of mineral content of the poultry manure (Broiler) and reduction of moisture content and the pathogen removal has been investigated by preparing mixtures of the poultry biomass ashes at various rates. For this purpose, the mixtures have been prepared by adding biomass ash at varying rates (10, 20, 30, 40, 50) and at different temperatures (100, 150, 200, 250°C) according to the dry matter content (74,77%) of the poultry manure and the effects of this process has been examined. In addition, hot biomass ash application has ensured high level of the pathogen microorganism removal at high level in the poultry manure as well. From the outcomes acquired within the framework of study, it has been concluded that the odor and pathogen removal of the poultry manure could be ensured by lowering the amount of moisture of poultry manure and the content of the nutrient element in the chic poultry manure could be increased considerably and the poultry manure and the biomass ash leading to serious environmental and health problems as the waste could be converted into a valuable and high – added value product for the agricultural production.

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artması gıda ve tarım ürünlerine olan ihtiyacı artırmıştır. Artan ihtiyacın karşılanabilmesi için tarımsal üretimin artırılması çabası içine girilmiş ve üretimin artması için gerekli olan bitki besin elementlerinin sağlanması için kullanılan kimyasal gübrelerin tüketimi de hız kazanmıştır [1].

Ancak son yıllarda yapılan birçok çalışmada, kimyasal gübrelerin kullanımının sürdürülebilir olmadığı ve çevresel zararlarının yanında uzun vadede toprak pH'sını çok hızlı artırması gibi sorunlardan dolayı, verim düşüşlerinin görüldüğü rapor edilmektedir [2,3]. Yine konu ile ilgili çalışmalarda yaygın görüş olarak, bitki besin elementi sağlama potansiyeli ve toprak özelliklerinin iyileştirilmesindeki etkisinden dolayı, kimyasal gübrelere en iyi alternatifin organomineral gübreler olduğu savunulmaktadır [4]. Gübre değeri veya toprak özelliklerini iyileştirici özellikleri bulunan organik atıklara mineral ilavesi ile oluşturulan organomineral gübreler, temel özellikleri açısından organik ve mineral gübrelerden farklı bir gübre sınıfı olarak kabul edilmektedir [5].

Organomineral gübre yapımında kullanılacak önemli kaynaklardan birisi içerisindeki yüksek azot (N) nedeniyle tavuk gübresidir [6]. Ancak tavuk gübresinin içerdiği toplam azotun üçte biri amonyumdur ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ). Açıkta ham olarak depolanan ve kompostlanan gübrelerde amonyum, havalanma, nem içeriği ve sıcaklık gibi faktörlere de bağlı olarak, uçucu bir form olan amonyağa ( $\text{NH}_3$ ) dönüşmektedir [7,8,9]. Bu durum gübrenin azot kapsamının azalması nedeniyle bitki besin elementi değerinin düşmesine neden olmaktadır [10]. Ayrıca ham gübrenin doğrudan tarım alanlarına uygulanması sonrası gübreden ayrılan azot yol açtığı kirlilikten dolayı, yüzey ve yeraltı su kaynakları başta olmak üzere doğal çevre için tehdit oluşturmaktadır [11,12]. Azotun gübre içinde korunabilmesi için kümeden çıkan atığın hızlı bir şekilde kurutularak mikrobiyal azot dönüşümünün önüne

geçilmesi gerekmektedir. Bunun yanında kurutma işleminin bir diğer faydası da tavuk gübresindeki patojenlerin ve antibiyotik kalıntılarının azaltılmasıdır [13]. Mevcut uygulamalarda kurutma işlemi, birincil enerji kaynakları ile hızlı kurutma ve solar sistem kullanılarak yavaş kurutma şeklinde iki gruba ayrılabilir. Ancak hızlı kurutma işleminde ki yüksek sıcaklık (>250°C) ve yavaş kurutma işleminde ki uzun kurutma süresi, temel amaç olan azot korunumunu sınırlandırmaktadır [14,15].

Bunun yanında bitkisel kökenli hammaddenin yakılması ile çalışan güç santralleri günümüzde hızla çoğalmaktadır. Bu enerji üretim prosesinde ciddi miktarda atık ısı ve bitki besin elementlerince yüksek sıcak kül (biyokütle külü) ortaya çıkmaktadır [16,17]. Bu soğutulması gereken kül kümes atıklarının hızlı kurutulması ve mineral içeriğinin zenginleştirilmesi için değerli bir kaynaktır [18].

Bu kaynakların değerlendirilmesi amacıyla yapılan bu çalışmada, tavuk gübresi ve biyokütle külünün değişik oranlardaki karışımları hazırlanarak bu karışımların organomineral gübre olarak kullanılabilirlikleri, azot kaybının minimize edilebilmesi için biyokütle külünün en uygun karıştırma sıcaklığının belirlenmesi ve gübrenin mineral içeriğinin zenginleştirilmesine olan katkısı araştırılmıştır. Bu amaçlar doğrultusunda ulaşılmak istenen genel hedefler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1. Mevcut durumda faydalı bir kullanım amacı bulunmayan ve miktarından dolayı doğal çevre ve insan sağlığı açısından riskler barındıran tavuk gübresi ve biyokütle külü için ekonomik, ekolojik ve sürdürülebilir bir bertaraf seçeneği ortaya koyulması
2. Tarımsal üretimin en önemli maliyet kalemlerinden olan gübre ihtiyacına uygulaması kolay ve maliyeti düşük bir alternatif oluşturarak, tarımsal üretimin maliyetinin azaltılmasına katkı sağlanması
3. Kimyasal gübrelere alternatif geliştirilerek, kullanımının azaltılması ve bu gübrelerin özellikle su kaynaklarına olan kirletici etkilerinin sınırlandırılması
4. Başta organik madde, azot ve fosfor olmak üzere makro ve mikro bitki besin elementlerinin toprağa geri dönmesi sağlanarak toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin korunması
5. Konuyla ilgili literatüre ve bundan sonra yapılacak bilimsel çalışmalar ve saha uygulamalarına temel oluşturulması

## **BÖLÜM 2. KONUNUN BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK UYGULAMADAKİ YERİ**

Tarımsal faaliyetlerin tümünde temel unsur topraktır. Ancak günümüz tarım uygulamalarının hacmi nedeniyle, en verimli topraklar bile tek başına bitkisel üretimin tüm ihtiyaçlarını karşılamaya yeterli gelmemektedir. Hızlı ve büyük miktarlarda ürün yetiştirilmesinden dolayı toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısı hızla bozulmaktadır. Bu durum verim düşüklüğüne ve dolayısı ile ekonomik kayba neden olmaktadır.

Bu duruma geliştirilen çözümlerin başında kimyasal gübreler kullanılarak toprağın bitki besin elementi açısından zenginleştirilmesi gelmektedir. Ancak bu çözüm kullanılan gübrelerin özelliğinden dolayı pahalı ve etkileri kısa süren bir yoldur. Ayrıca yeterli bilgi birikimi ve teknolojik imkânlar olmadan yapılan kimyasal gübre uygulamaları insan sağlığı ve başta su kaynakları olmak üzere doğal çevre açısından önemli bir risk oluşturmaktadır. Bununla birlikte gübre uygulamaları toprağın yalnızca kimyasal özelliklerini iyileştirmekte, ideal bitki büyümesi için çok önemli işlevlere sahip olan toprağın fiziksel ve biyolojik özelliklerine katkı sağlamamaktadır.

Oysaki yoğun üretim yapılan topraklarda bitki besin elementlerinin azalmasının yanında toprağın fiziksel ve biyolojik özellikleri de bozulmaktadır. Organik madde oranı düşük olan topraklarda daha hızlı belirginleşen bu bozulma, ürün kalitesini ve üretim miktarını doğrudan etkilemektedir. Toprağın özellikle fiziksel özellikleri bozulduğunda tekrar iyileştirilmesi son derece zor ve pahalı uygulamalar gerektirmekte ve uzun süreler almaktadır. Ayrıca toprağın bu özelliklerinin kötüleşmesi sadece yoğun tarım uygulamalarına bağlı değildir. Özellikle kimyasal gübre uygulamalarının ihtiyacın üstünde yapılması durumlarında, bu gübrelerin içinde bulunan inorganik dolgu malzemesi nedeniyle toprağın pH ve organik madde başta olmak üzere birçok özelliği olumsuz etkilenmektedir. Bu olumsuz etkiler



yapılan gübreleme uygulamasının da etkinliğini azaltmakta ve ihtiyacın karşılanabilmesi için gerekli gübre miktarını da önemli ölçüde artırmaktadır. Bu durum giderek büyüyen bir döngü oluşturmakta ve sorun hızla büyümektedir.

Konuya küresel boyutta tarım uygulamalarının sürdürülebilirliği, insan sağlığı ve doğal çevrenin korunması açısından bakıldığında mevcut sistemin uzun süre devam ettirilemeyeceği, gıda güvenliği ve insanlığın refah düzeyinin korunması açısından gelecekte önemli risklerle karşılaşılacağı açıktır.

## **2.1. Bitkisel Üretimde Gübre Kullanımı**

Gübre topraktan ürünlerle birlikte alınan veya sulama ve yağışlarla uzaklaşan azot, potasyum, fosfor, kalsiyum, kükürt, magnezyum, demir, manganez, çinko gibi elementleri toprağa geri kazandırarak verimin devamlılığını sağlamak için toprağa verilen materyallerdir. Toprağı bitkilerin gelişmesi için uygun kompozisyonda tutnak temel amacı ile kullanılan gübrelerin birçok çeşidi ve bu çeşitlerin farklı uygulama yöntemleri mevcuttur. Bununla birlikte gübreleri doğal gübreler ve kimyasal gübreler olmak üzere iki ana grupta toplamak mümkündür.

### **2.1.1. Doğal gübreler**

Doğal gübreler grubu ağırlıklı olarak hayvan gübreleri ve çeşitli bitkisel atıklardan oluşmaktadır. Bu gübrelerin kullanımında dikkat edilmesi gereken temel konu yeterli olgunluk düzeyine gelmiş gübrelerin kullanılmasıdır. Doğal gübreler toprağı bitki besin elementleri ile zenginleştirmesinin yanında, içerdikleri yüksek oranda organik madde ile toprağın fiziksel özelliklerine de önemli katkılar sağlarlar. Tarımsal uygulamalarda kullanılan başlıca doğal gübre çeşitleri aşağıda sıralanmıştır [19].

1. Hayvansal Kökenli Çiftlik Gübreleri
  - a) Büyük Baş Hayvan Gübreleri
  - b) Küçük Baş Hayvan Gübreleri
  - c) Kanatlı Gübreleri
2. Bitkisel Kökenli Gübreler

- a) Yeşil Gübreler
  - b) Hasat sonrası tarlada kalan bitki artıkları
  - c) Bitkilerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan kabuk, zuruf ve cibreler
3. Kentsel ve Endüstriyel Atık Kökenli Gübreler
- a) Kompostlar
  - b) Arıtma Çamurları
  - c) Gıda ve ormancılık endüstrisi atıkları

### 2.1.2. Hayvansal kökenli çiftlik gübreleri

Doğal gübreler arasında en çok kullanılanı büyük ve küçük baş hayvan ve kanatlı gübreleridir. Özellikle kırsal kesimde bulunan bitkisel üretim ve hayvancılığın birlikte yapıldığı küçük aile çiftliklerinde gübre ihtiyacı inek, sığır, at gibi büyük baş veya koyun ve keçi gibi küçük baş hayvan dışkı ve idrarlarından sağlanmaktadır.



Şekil 2.1. Ahr (Çiftlik) Gübreleri

Günlük olarak yapılan ağır süpürme işlemi ile ağırdan dışarı atılan hayvan gübrelere, bir süre bekletilip stabilizasyonu sağlandıktan sonra, tarla ve bahçelerde kullanılmaktadır. Hayvansal kökenli gübrelere kullanımını toprağın birçok özelliğinin iyileştirilmesinde etkisi vardır. Bu etkiler aşağıdaki gibi sıralanabilir [20].

1. Toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine katkı sağlar
2. Organik madde içeriğini artırır
3. Topraktaki mikroorganizma faaliyetini artırır
4. Havalanmayı kolaylaştırır
5. Su tutma kapasitesini yükseltir
6. Bitki besin maddelerini artırır
7. pH ve Tuzluluğu düzenler

Tablo 2.1. Bazı hayvan gübrelereinin özellikleri [19], [20].

Gübre	H <sub>2</sub> O (%)	Kuru Madde (%)	N (% KM)	P (% KM)	K (% KM)	CaO (%)
Siğır	83,2	16,2	2	1	2	0,34
At	75,7	24,3	1,7	0,3	1,5	0,15
Koyun	65,5	34,8	4	0,6	2,9	0,46
Tavuk	62,0	38,0	3,9	2,1	1,8	2,00

Hayvansal gübrelereinin önemli bir bölümünü de tavuk gübrelere oluşturmaktadır. Tavuk ve yumurta üretimi büyük ve küçük baş hayvancılığa göre daha büyük ölçekli tesislerde yapıldığından ortaya çıkan gübre miktarı da daha yoğun olmaktadır. Bununla birlikte tavuk gübrelere içerdikleri yüksek miktarda azot, fosfor ve potasyum nedeniyle gübre değeri en yüksek hayvan gübrelereinden biridir [21].

Tavuk gübrelere yumurta tavukçuluğu gübrelere ve besi tavukçuluğu (broiler) gübrelere olarak iki grupta incelenebilir. Yumurta tavukçuluğu kafes içinde yapıldığından buradan çıkan gübrelere doğrudan tavuk dışkıları ve tavuk tüy içermektedir. Nem miktarı yüksektir. Aynı zamanda yumurta tavukçuluğunda, yumurta oluşumunu ve kabuk yapısını desteklemek için tavuk yemine katılan mermer tozu benzeri inorganik maddeler tavuk dışkısında yoğun olarak bulunmaktadır.



Şekil 2.2. Broiler tavukçuluk

Broiler besicilikte ise kümesin altına serilen altlık tavuk dışkısı ile karışmaktadır. Altlık olarak genellikle pirinç kabuğu ve ağaç talaşı kullanılmaktadır. Yumurta tavukçuluğunun aksine besi tavukçuluğunda gübre bir besi dönemi sonunda ve toplu halde çıkmaktadır. Besi dönemi ortalama almış gündür. Altmış gün sonunda kesim boyutuna gelen tavuklar kesimhaneye yollandıktan sonra kümes temizlenir ve tavuk gübreleri kümeden temizlenir.

Besi tavukçuluğu miktar olarak yumurta tavukçuluğundan fazla olduğundan tavuk gübrelerinin büyük çoğunluğunun altlıkla karışık tavuk dışkısından oluştuğu söylenebilir. Altlık kullanımı ve kümeslerdeki iklimlendirme sistemleri nedeniyle besi tavukçuluğu gübrelerinin nem miktarı yumurta tavukçuluğu gübrelerinden düşüktür.

Tablo 2.2. Broiler ve yumurta tavukçuluğu gübrelerinin bitki besin elementi değerleri [21].

Parametreler	Broiler Tavukçuluk	Yumurta Tavukçuluğu
N (%)	2,40 – 3,60	3,63 – 5,30
P (%)	1,56 – 2,80	1,54 – 2,90
K (%)	1,40 – 2,31	2,50 – 2,90
C/N	9,40 – 11,20	5,80 – 7,60

### **2.1.3. Bitkisel kökenli gübreler**

Bitkisel kökenli gübreler yeşil gübreler ve cibre / cüruf gibi hasat veya işleme sonrasında oluşan bitki artıkları olarak ikiye ayrılabilir. Yeşil gübrelere en iyi örnekler yonca ve soyadır. Bu bitkiler hasat sonrası veya nadas döneminde ekilirler. Yeşil gübreler havadaki serbest azotu bağlar, erozyonu engeller, yabancı otların kontrolüne yardımcı olurlar ve torağı bitki besin elementlerince zenginleştirirler [19].

Bitkisel üretim sonucunda hasat sonrası veya ürünün işlenmesi sonrası oluşan cüruf ve cibreler ise kompostlandıktan sonra toprağa verilmektedir. Her ne kadar bu uygulama gübreleme amacı ile yapılırsa da, kullanılan materyallerin toprağın kimyasal özelliğinden çok fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesine katkısı daha fazladır.

### **2.1.4. Kentsel ve endüstriyel atık kökenli gübreler**

Günümüzde evsel ve endüstriyel kaynaklı organik atıklar çok yüksek miktarlara ulaşmakta ve bu atıkların bertarafı önemli bir sorun ve maddi külfete yol açmaktadır. Evsel organik atıklar, gıda endüstrisi atıkları ve evsel atık su arıtma çamurları bu atıkların önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Bununla birlikte günümüz ekolojik ve sürdürülebilir bertaraf anlayışı, bu atıkların düzenli de olsa depolanmasının veya yakılmasının doğru olmadığını, organik kökenli atıkların mutlaka toprağa ve bitkisel üretime geri kazandırılmasını gerektirmektedir.

Bu yaklaşım çerçevesinde sürdürülen çalışmalarla, organik kökenli atıkların kompostlandıktan sonra saf veya karışımlar halinde gübre ve toprak iyileştirici olarak kullanımı yaygınlaşmıştır. Bitkisel kökenli gübrelere benzer şekilde bu materyaller de gübre olarak anılmasına rağmen, gübre değerleri genellikle sınırlı olmakta, ancak toprağa uygulandığında, toprağın fiziksel özelliklerine önemli katkılar sağlamaktadırlar [22].

### 2.1.5. Kimyasal gübreler

Kimyasal gübreler, çeşitli endüstriyel prosesler sonunda üretilir ve genellikle içeriğindeki bitki besin elementinin miktarı ve türü ile isimlendirilirler. Farklı bitkisel ürün çeşitleri ve farklı toprak türleri için geliştirilmiş, tek bir elementten oluşan basit yapıları gübrelerden, birden fazla elementi barındıran bileşik gübreler gibi katı veya sıvı formlarında olmak üzere birçok kimyasal gübre bulunmaktadır. Bununla birlikte içerdikleri bitki besin elementine göre ayrılabilen temel kimyasal gübre çeşitleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

1. Azotlu Gübreler
  - a) Amonyum Sülfatlı Gübreler
  - b) Amonyum Nitratlı Gübreler
  - c) Üre
2. Fosforlu Gübreler
3. Potasyumlu Gübreler
4. Kompozit Gübreler

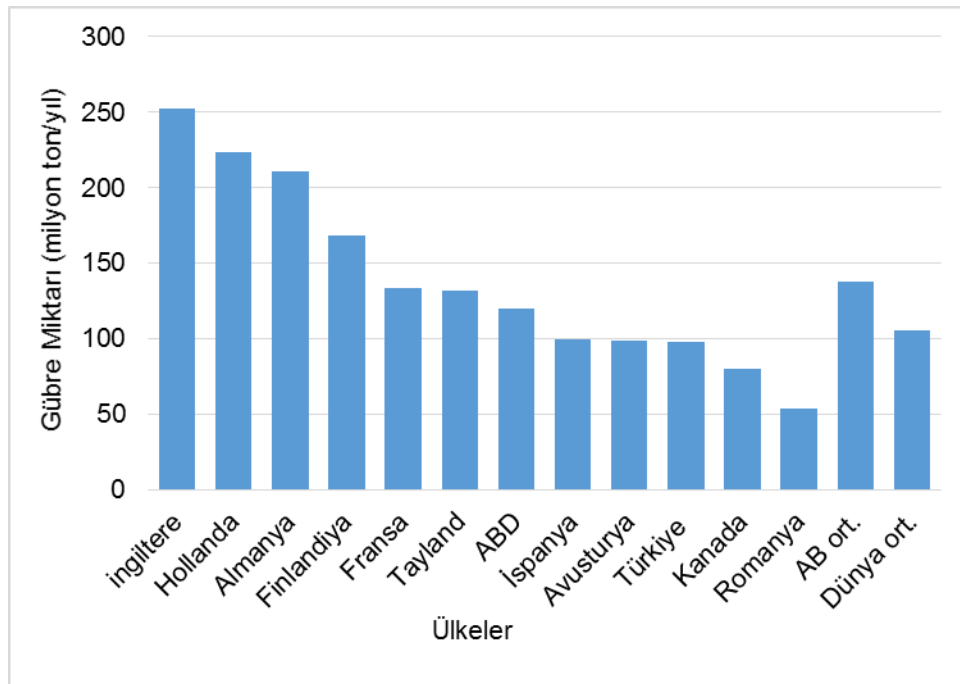
### 2.1.6. Dünyada ve Türkiye’ de kimyasal gübre kullanımı

Hayvan gübrelerinin bitki yetiştiriciliği için kullanımı, ilk tarım uygulamalarına kadar dayanmaktadır. Ancak bu kullanımın temeli bilimsel çalışmalardan çok gözlemlere dayanmaktadır. Buna karşın kimyasal gübreler 19. yüzyılda, bitkinin ihtiyaç duyduğu besin elementlerinin karşılanması temel prensibinden yola çıkılarak kullanılmaya başlamıştır.

Kömür gazından amonyak üretilmesi ve odun külünden ile potasyum, silisyum ve magnezyum gibi elementlerin sağlanması gibi temel işlemlerle başlayan kimyasal gübre kullanımı, dünya genelinde artan gübre kimyası çalışmaları neticesinde önemli bir gelişim ivmesi yakalamıştır. İkinci dünya savaşı sonrasında kimyasal gübre üretimi hız kazanmış ve kimyasal gübreler küresel ölçekte önemli bir üretim, satış ve kullanım hacmine ulaşmıştır.

Günümüzde kimyasal gübreler birçok ülke tarafından değişik miktarlarda üretilmekte ve dünya pazarına sürmektedir. Bununla birlikte kimyasal gübre üretiminin büyük miktarı Çin, Amerika Birleşik Devletleri, Hindistan, Kanada ve Rusya tarafından yapılmaktadır. Bu ülkeler aynı zamanda tarımsal üretim hacmi en yüksek olan ülkeler olduklarından dünya genelinde üretilen kimyasal gübrenin de en önemli kullanıcılarıdır.

Hektar bazında gübre kullanımı dünya ortalaması 105.7 kg, Avrupa Birliği ortalaması ise 138,1 kg dır. Dünyada farklı tarımsal ürün desenlerine sahip ülkelerden bazılarının hektar başına kullandıkları kimyasal gübre miktarları şekil 1.1.'de verilmiştir. Buna göre hektar başına tüketimde, İngiltere (252 kg), Hollanda (223,3 kg), Almanya (211 kg), Finlandiya (168,2 kg) ve Fransa (133,3 kg) dünya ve Avrupa Birliği ortalamasının üstünde gübre tüketirken, İspanya (99,7 kg), Avusturya (98,9 kg), Türkiye (98,1 kg), ve Romanya (53,5 kg) ise dünya ve Avrupa Birliği ortalamasının altında kalmıştır [23].



Şekil 2.3. Bazı ülkelerdeki hektar başına tüketilen kimyasal gübre miktarları

Türkiye’ de ise gübre kimyasal gübre üretim ve kullanımı dünyadaki örneklere göre daha geç ortaya çıkmıştır. 1950’lerde devlet tarafından kurulan fabrikalarda gübre üretimine başlanmış daha sonra kurulan özel teşebbüse ait fabrikalarla üretim hız

kazanmıştır. Buna karşın hem kimyasal gübre üretiminde hem de kullanılmasında başlangıçtan itibaren sürekli artan bir oran mevcuttur. Her ne kadar son yıllarda, gübre sanayine yapılan yatırımlardan dolayı, gübre üretimi artsa da, mevcut tüketimin karşılanabilmesi için çeşitli ülkelerden önemli miktarda gübre ithalatı yapılmaktadır.

Türkiye’de gübre kullanımının bölgelere göre dağılımı incelendiğinde, daha çok İç Anadolu, Anadolu’nun batısı ve Orta Karadeniz’de gübre kullanımının yoğun olduğu söylenebilir. Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) ile tarımda önemli bir çıkış yakalayan illerimizden Mardin (192,7kg/ha), Şanlıurfa (148 kg/ha) ve Diyarbakır (145,5 kg/ha) olan gübre kullanımı dünya ortalamasının üzerindedir. Önemli tarım arazilerine sahip illerden Adana (141110 ton), Hatay (63148 ton), Mersin (41525 ton) ve Antalya (40737 ton) gübre kullanımı ile dikkat çekmektedirler. Yine tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu İzmir (54778 ton), Manisa (54339 ton), Balıkesir (46.264 ton) ve Bursa (41863 ton) gibi illerde gübre kullanımı Türkiye ortalamasının üzerindedir. Trakya’da ise Tekirdağ (70920 ton) ve Edirne (66556 ton) yoğun gübre kullanımı yapılan illerdir [23].



Şekil 2.4. Türkiye’de illere göre gübre tüketimi [23].



### 2.1.7. Organomineral gübreler

Hayvansal ve bitkisel kökenli gübrelerin yeterli bitki besin elementi sağlama potansiyeline ulaşamamaları ve kimyasal gübrelerin ise toprağın sadece bitki besin elementi içeriğini artırmasından dolayı, toprak özelliklerinin bir bütün olarak iyileştirilmesi için çalışmaları hızlandırmıştır. Yapılan çalışmalar organik kökenli materyallerle, bitki besin elementi içeren minerallerin birlikte kullanılması fikrini doğurmuş ve ortaya çıkan yeni gübre çeşidine organomineral gübreler denilmiştir [4,5,6].

Organomineral gübreler esas itibarı ile toprağın, fiziksel, fizikokimyasal ve kimyasal ve biyolojik özelliklerinin tamamının iyileştirilerek, toprağın bitkisel üretime en uygun şartlara kavuşması ve bu şartların korunması amacıyla geliştirilmiştir. Temel olarak bu gübreler kimyasal gübrelerde olduğu gibi, bitkilerin ihtiyaç duyduğu makro ve mikro elementleri sağlamakla birlikte, yağışlar ve sulama suyu ile yıkanmaya karşı dirençli olduklarından yavaş salınım özelliği göstermektedir. Bu durum gübrelemenin faydasını ve etkinlik süresini artırmaktadır [4,5,6].



Şekil 2.5. Organomineral gübreler

Gümüz de organomineral gübreler üzerinde çalışmalar sürmekte ve bu gübrelerin birçok çeşidi üretilmektedir. Bu çalışmalarda genel eğilim, organomineral gübrelerin, evsel ve endüstriyel kökenli organik atıklar ve doğal mineraller ve mineral içeriği

yüksek atıkların karışımlarından üretilmesidir. Konu ile ilgili literatürde büyük ve küçük baş hayvan gübrelerinin, tavuk gübresinin, atık su arıtma çamurlarının bu amaçla kullanılabilirliğinin araştırıldığı bir çok çalışma mevcuttur [4,5,6].

### **2.1.8. Biyokütle külü**

Katı, sıvı ya da gaz hâlindeki fosil yakıtların kimyasal enerjisinin, elektrik enerjisine dönüştürülmesi çok uzun zamandır kullanılan önemli bir prostedir. Termik kaynağın optimum koşullar altında yakılarak ve kaynağın verdiği ısı enerjisinden faydalanılarak mekanik enerji, elde edilen bu enerjiden ise elektrik enerjisi üreten tesislere termik santraller denir. Günümüzde kömür, doğal gaz, petrol ürünleri, biyogaz ve biyokütle gibi kaynakları yakıt olarak kullanan santraller oldukça fazladır. Kullandığı yakıtı göre enerji santralleri aşağıdaki gibi dört temel sınıfa ayrılabilir.

1. Gaz türbinli santraller
2. Dizel santraller
3. Kömürlü termik santraller
4. Biyokütle kullanan santraller

Fosil yakıtlar kullanılarak üretilen enerji modern dünyanın enerji ihtiyacının çok büyük bir kısmını karşılamaktadır. Bununla birlikte fosil yakıtların tüketiminin doğal çevreye olan ağır maliyeti günümüzde etkilerini göstermeye başlamış ve alternatif arayışlarını hızlandırmıştır. Mevcut durumda, güneş, rüzgâr ve jeotermal enerji gibi yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarının kullanımı artmış ve artmaya devam etmektedir. Ancak bu kaynaklardan üretilen enerji miktarının toplam enerji talebini karşılamadaki payı henüz çok küçüktür ve bu kaynaklardan enerji üreten teknolojilerin geliştirilmeye ihtiyacı vardır.



Şekil 2.6. Biyokütle enerji santrali [36].

Bu yüzden son yıllarda mevcut teknolojinin fosil yakıtlar kullanılmadan, daha az emisyon üreterek kullanılması gerekmektedir. Bu amaçla yakıt olarak biyokütle kullanan ve diğer santrallere göre yanma sıcaklığı düşük olduğundan daha az emisyon üreten biyokütle enerji santralleri kurulmaya başlanmıştır.



Şekil 2.7. Biyokütle reaktörlerinde kullanılan parçalanmış bitkisel kökenli yakıt [36].

Biyokütle enerji santralli prosesinde, orman budama ve işleme ürünleri, bitkisel üretim ve işlenmesinden ortaya çıkan bitki kalıntıları, bazı hayvan gübreleri ve yakıt amacı ile üretilen enerji bitkileri, kömür ve petrol ürünlerine göre daha düşük sıcaklıklarda yakılmakta ve enerji üretilmektedir. Bu yakma prosesi sonucunda uçucu ve cüruf diye ayırabileceğimiz küller çıkmaktadır. Uçucu küller için, içerdikleri yüksek orandaki ağır metalle ve zararlı kimyasallar nedeniyle faydalı bir kullanım olanağı düşük olmasına rağmen, cürufların birçok alanda değerlendirilebilme olanağı bulunmaktadır. Bu alanların başında inşaat ve tarım sektörü gelmektedir [18].



Şekil 2.8. Biyokütlenin yakılması sonucu oluşan küller [37].

## 2.2. Konuyla İlgili Olarak Daha Önce Yapılmış Bilimsel Çalışmalar

Tavuk gübresi, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirmede kullanılması açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Bununla birlikte tavuk yetiştiriciliğinde kullanılan antibiyotikler ve tavuk gübresinin yapısında bulunan yüksek orandaki azot bu kullanımı kısıtlayan en önemli nedenlerdir. Ancak tavuk gübresindeki yüksek azot

içeriğine rağmen, gübrenin bekletilmesi veya kurutma ve kompostlama gibi işlemler uygulanması hızlı azot kaybına yol açmaktadır.

Bundan dolayıdır ki literatürde konu ile ilgili yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu, tavuk gübresinin yüksek azot içeriğinin toprağa ve bitkilere verebileceği zararların belirlenmesi ve giderilmesi ile hızlı azot kaybının engellenerek azotun bitkilerce kullanılabilir forma dönüştürülmesine odaklanmıştır.

Ghaly ve Alhattab (2013), yaptıkları çalışmada tavuk gübrelerinin kurutulması ve kurutulan tavuk gübrelerinin bitki besin elementi olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Çalışmada elde edilen sonuçlar, kuruma sıcaklığı ve serilen gübrelerin derinliğinin, gübre pH'ın da önemli bir etkiye sahip olmadığı, ancak kuruma işlemi sırasında meydana gelen amonyak kaybının pH'ı 8,4'ten 6,4-6,7'ye düşürdüğünü ortaya koymuştur. Ayrıca 60°C'den yüksek sıcaklıklarda azot kayıpları (%44-55) gözlemlenmiş ve sonuçta N: P: K'nın azalması olmuştur (4,58: 1,29: 1'den 2,07: 1,30: 12,57: 1,28: 1). Kanatlı gübresinin kurutulması, koku varlığının ve saldırganlığının sırasıyla %65,3 ve %69,3 oranında azalmasına yardımcı olmuştur. Kanatlı gübresinin kurutulması ayrıca bakteri (%65,6-99,8), maya ve küfün (%74,1-99,6) ve E. coli'nin (%99,97) önemli oranda azalmasını sağlamıştır. Elde edilen sonuçlar, kurutulmuş kanatlı gübresi bitki büyümesi için gerekli yüksek azot, fosfor ve potasyum içerikleri nedeniyle bitkiler için bir gübre kaynağı olarak kullanılabilir olduğunu göstermiştir [24].

Dias ve ark., (2009), yaptıkları çalışmada tavuk gübresini okaliptüs biyokütlesinin yavaş pirolizi ile elde edilmiş biochar, kahve kabuğu ve ağaç talaşı ile ayrı ayrı karıştırarak kompostlamışlar ve tavuk gübresinin bu kompostlama prosesinden sonra organik madde ve azot korunumunu araştırmışlardır. Çalışma sonucunda biochar ile hazırlanan kompostların ilk içeriğin %70'i oranında organik madde bozulmasına uğradığını ve biochar ilavesinin azot kaybını azalttığını belirlemişlerdir. Bununla birlikte azot kaybının azaltılmasındaki en iyi sonuçların ağaç talaşı uygulamasında elde edildiğini rapor etmişlerdir [25].

Ogunwande ve ark., (2008), iyi kalitedeki kompost üretimi için tavuk gübrelerinin kompostlama sırasında azot/karbon oranı değişimi ve toplam azot kaybını incelemişlerdir. Bu amaçla karbon/azot oranları 20:1, 25:1 ve 30:1 ve döngü sıklığı 2, 4 ve 6 günlük olan deneyler yapmışlar ve atıkların kompostlama öncesi ve sonrasındaki fizikokimyasal özelliklerini belirlemişlerdir. Kompostlama işlemi boyunca yığındaki nem seviyesi periyodik olarak %55'e yükseltilmiş ve tavuk gübresinin sıcaklık, pH ve toplam azot miktarı periyodik olarak izlenmiştir. Ayrıca, kompost bitiminde kuru madde, toplam karbon, toplam fosfor ve toplam potasyum incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, kompostlama periyodu boyunca toplam azot ve toplam karbondaki değişime bağlı olarak C/N oranının önemli ölçüde değiştiğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte en çok azot kaybının ilk 28 günde gerçekleştiği ve C/N oranının en yüksek değerinin 25/1 olduğu belirlenmiştir [10].

Tiquia ve Tam (2000), kompostlama boyunca azot değişimi ve azot kayıplarını izlemek için, tavuk gübrelerini kompostlamışlar ve kompostlama işlemi sırasında, tavuk gübrelerinin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada kompostlaştırma sırasındaki gerçek kayıpları belirlemek için azot ve organik maddenin kümülatif kayıpları ve kütle dengeleri takip edilmiştir. Çalışmada tavuk gübresinin amonyum azotu konsantrasyonu kompostlamanın ilk 35 günü boyunca önemli ölçüde azalmıştır. Ancak kompostlaştırma sırasındaki  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 'deki hızlı azalmanın,  $(\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-) - \text{N}$  konsantrasyonundaki hızlı artışla uyumadığı belirlenmiştir. Bu durum kompostlama sürecinde azot kaybının temel nedeninin hava sıcaklıkları, yüksek pH değerleri (7'nin üstünde) olduğunu düşündürmüştür. Organik madde ve toplam organik karbon kütlesi kompostlama zamanı ile doğru orantılı olarak azalmıştır. Bununla birlikte kompostlama sonucunda başlangıçta kullanılan tavuk gübresinde önemli bir kütle kaybı meydana gelmiştir [7].

Sommer (2000), gerçekleştirdiği çalışmada, büyük baş hayvan gübrelerinin ahırdan çıkarıldıktan sonra depolanması sırasında oluşan azot ve karbon emisyonları ile bitki besin maddesi sızıntısını incelemiştir. Çalışmada ekim 1998'den mart 1999'a kadar 132 gün süren bir kompost döneminde,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  ve  $\text{CH}_4$  emisyonları ve bitki besin maddelerinin süzülmesi ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar, kompostu gözenekli bir

branda kullanarak örtmenin veya kompostu sıkıştırmanın, emisyon kayıplarını azalttığını, azot kaybının büyük kısmının  $\text{NH}_3$  buharlaşmasına bağlı olduğunu, sızıntı meydana gelen kayıpların toplam azot kayıplarının yaklaşık beşte birini oluşturduğunu ve denitrifikasyon nedeniyle az miktarda azot kaybedildiğini göstermiştir. Bununla birlikte yine çalışma sonuçlarına göre sızıntı ile kaybedilen potasyum oranının, başlangıç potasyum oranının %8-16 sı arasında olduğu ve potasyumun sızıntı kaybının kompostun sıkıştırılması ile azaldığı belirlenmiştir [8].

Moore (2016), çalışmasında, kümes hayvanlarının gübrelere amonyağın uçuculuğunu ve fosfor akışını azaltmak için yeni bir gübre düzenlenmesinin geliştirilmesini önermiştir. Çalışmada, kümes hayvanlarının gübrelere işlemek için en iyi yöntemin olarak, fosfor akışını ve amonyak emisyonunu azaltan alüminyum sülfat uygulaması olduğu savunulmuş ve ancak bu uygulamanın yüksek maliyetinden dolayı alum çamuru, boksit cevheri, sülfürik asit ve sıvı alum ve su karışımının alternatif olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, kuru ve sıvı alum ilavesi, kümes atıklarının  $\text{NH}_3$  kayıplarını sırasıyla %86 ve %75 oranında düşürdüğünü göstermiştir. Bununla birlikte yapılan denemeler arasında,  $\text{NH}_3$  ve P kaybını en aza indiren uygulama ise değişiklikler alum çamuru, boksit ve sülfürik asitin birlikte karışım halinde kullanıldığı uygulama olmuştur [26].

Kirchmann ve Witter (1988), yaptıkları çalışma ile, amonyak buharlaşması, azot sabitleştirilmesi, karbon ayrıştırılması ve uçucu yağ asidinin oluşturulması ve bütün bu işlemlerin taze kümes hayvanlarının gübresine ve saman eklenerek, laboratuvar ortamında bir inkübasyon deneyiyle gerçekleştirilmesini araştırmışlardır. Çalışmada azot gübresinin %1'inden daha azı, düşük pH değerleri nedeniyle anaerobik ayrıştırma esnasında amonyak olarak buharlaştırılmıştır. Aerobik gübrede, alkalik ortam korunmuş ve azot %9'dan %44'e kadar amonyak olarak buharlaşmıştır. Bu buharlaşma şekli, paralel ve öncelikli bir model olarak tarif edilmiştir. Aerobik ayrıştırma esnasında samanın fazlaştırılması amonyak buharlaşmasını azaltmıştır. Saman, anaerobik ortamlardaki azotun devinimine neden olmuştur. Aerobik gübrede, azot çoğunlukla organik formlarda bulunurken; anaerobik gübrede, azotun yaklaşık 3'te 2'si amonyum formunda bulunmuştur. Anaerobik gübrenin organik bileşenlerindeki C/N oranları, aerobik gübreninkinden fazla olmuştur [27].

Bueno ve ark., (2008), Komposttaki azot korunumu için gerekli olan kompost parametrelerinin optimasyonu araştırmışlardır. Çalışmada, çevresel kompostlama parametrelerinin (nem, havalandırma, partikül boyut dağılımı ve zaman) kompostun, organik madde, Kjeldahl-N, C/N oranı ve azot kayıpları üzerindeki etkisini araştırmak ve en iyi kompostlama ortamlarını belirlemek amacıyla merkezi bir bileşik deneysel dizayn kullanılmıştır. Kompostlama sürecini doğru bir şekilde betimleyecek (deneysel değerler ve kimyasal denklem kullanılarak tahmin edilen değerler arasındaki fark hiçbir zaman bir öncekinin %10'unu geçmemiştir) 4 bağımsız süreç değişkeninden oluşan ikincil bir polynomial model kurulmuştur. Araştırma sonuçları göstermiştir ki, Kompostlama süresinin uzun olmaması, düşük tanecik boyutu, orta ve düşük havalandırma ve nem azot kaybını düşürmektedir [9].

Sanchez-Monedero ve ark., (2001), yaptıkları çalışmada, farklı azot şekillerinin çeşitli atıkların kompostlaştırılması esnasındaki dönüşümünü araştırmış ve aynı zamanda bu dönüşümün pH, elektrik iletkenlik ve kompostların olgunlaşma parametreleri ile olan ilişkilerini incelemiştir. Bu amaçla, atık çamur, belediye atıkları, maya atığı, pamuk atığı ve çam ağacı kabuğu ve üre ile kompost karışımları hazırlanmıştır. Çalışma sonunda elde edilen veriler, kompostlaştırma esnasındaki farklı azot şekillerinin dönüşümünün, kompostlaştırmadaki karışım materyallerinin azot oranları ve organik maddelerin çözünme oranına bağlı olduğunu göstermiştir. En büyük amonyum konsantrasyonu, kompostlaştırmının ilk haftalarında gözlenmiş ve bu da en yoğun OM çözünme periyodu ve sonrasında amonyumun % 0.04'ün altındaki son değerlerine varıncaya kadar yavaş yavaş düşmesiyle aynı zamana denk gelmiştir. Karışımda azot kaynağı olarak üre kullanımı, hızlı hidrolizinin bir sonucu olarak ilk haftalarda amonyum seviyesinin yükselmesine yol açmıştır. Nitrifikasyon süreci, karışımın sıcaklığı 40°C'nin altına düştüğünde ancak başlayabilmiş ve yoğunluğu da süreç başladığında hâlihazırdaki amonyumun miktarına göre değişmiştir. NO<sub>3</sub>-N'nin en yüksek konsantrasyonu; her zaman prosesin sonunda gerçekleştirilmiş ve bu, çalışılan 4 karışımda sırasıyla %0,52, %0,53, %0,12 ve %0,20 değerlerine ulaşmıştır. Kompostlaştırma esnasındaki azot kayıpları; kullanılan malzemeye ve karışımın pH değerlerine göre değişikliğe uğramıştır. En yüksek lignoseluloz içerikli karışımlarda en düşük kayıplar gözlenirken (% 25'in altında); belediye atıkları içeren karışımlar, içerdikleri malzemenin %40'ından daha fazlasını



kaybetmişlerdir. NO<sub>3</sub>-N konsantrasyonu ve pH ve elektrik iletkenliği arasında, yüksek ihtimalli ve istatistiksel olarak önemli korelasyonlar bulunmuş ve bu durum da nitrifikasyonun; pH değerlendirmesinin düşmesi ve elektrik iletkenliğinin artmasının sebebi olduğunu doğrulamıştır. NH<sub>4</sub>-N ve NO<sub>3</sub>-N konsantrasyonlarının oranı, kompostlaştırma esnasındaki karışımların olgunlaşmasının açık göstergesi olarak verilmiş ve maksimum değer altındaki veya eşit olan 4 karışım için son değerler, 0,08, 0,04, 0,16 ve 0,11 diğer malzemeler için de bir olgunlaştırma indeksi oluşturmuştur [28].

Mazeika ve ark., (2016) gerçekleştirdikleri çalışmada, tavuk gübresinden granüle organik ve organomineral gübreler (OGF ve OMF) üretimi için pilot ölçekte bir proses geliştirmişlerdir. Bununla birlikte, gübrede nem içeriğinin etkilerini araştırmışlar ve üretim prosesinin üç ana aşamasında enerji tüketimi ve çiftliklerde yaygın olan konvansiyonel saman kurutma ve granülasyon ekipmanları kullanarak besleyici dengeli gübreler elde etme olanağını belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmada ilk olarak kümes hayvanlarının gübreleri kurutulmuş ve parçalanmıştır. Diamonyum fosfat (DAP) ve potasyum klorür (KCl) gibi mineral katkı maddeleri ilave edilmiştir. Bu işlem 4-3-3 OGF'nin yanı sıra ayarlanabilir NPK içeriğine sahip (4-4-2, 4-3-6 ve 4-4-9) OMF'yi elde etmek için kullanılmıştır. Kurutulmuş (%10 nem muhtevasına sahip) gübre elde etmek için harcanan enerji tüketimi yaklaşık 100 kWh / t olmuştur. DAP, suda çözünür fosfat konsantrasyonunu arttırmıştır. Ek olarak, higroskopik KCl'nin DAP ile kombinasyon halinde olması, 30°C'de ve %80 bağıl nemde 72 saat sonra belirgin bir nem emilimine ve granül haline getirilmiş pelet yapısal bütünlüğünün kaybına neden olmuştur [29].

Deeks ve ark., (2013) Broxton, Cheshire, UK 'de , karakteristik bir ürün çeşitleri olan buğday, yağ tohumu, arpa, fasulye ve mısır bitkilerinin geleneksel gübre ve organo mineral gübre ile yetiştirilmesi arasındaki farklar karşılaştırılmıştır. Organo mineral gübre, 3-6 mm çapında evsel atık su arıtma çamur granüllerinin 80°C'de kurutulması ile üretilmiştir. Çalışmada yapılan analizler N, P ve K ile ürün verimi üzerine yürütülmüştür. N alımını belirlemek için N kullanım verimi ölçülmüştür. Üç yıllık deney boyunca sonuçlar ürün veriminde uygulamalar arasında önemli bir farklılık olmadığını göstermiştir. Bu sonuç, evsel atık su arıtma çamurlarından

üretilen yeni organomineral gübrelerin geleneksel gübreler kadar etkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca ağır metal düzeyi toprakta ( gübrede) izin verilen düzeyi aşmamıştır [30].

Antille ve ark., (2013), biyokatıların gübre değerini artırmak, atık maliyetini azaltmak ve geri dönüşüm ile ilişkili çevresel faydalar sağlamak için teknoloji kullanımına yönelik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada kullanılan organomineral gübreler, biyokatı granüllerinin üre ve potas ile kaplanmasıyla üretilmiştir. Ekilebilir çayır bitkilerinde uygulama için iki organomineral gübre formülasyonu (N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O 10:4:4 (OMF<sub>10</sub>) ve 15:4:4 (OMF<sub>15</sub>) geliştirilmiştir. Organomineral gübreler ve biyokatı granüllerinde rutin gübre analizleri yapılmış ve taşıma, yayılma, toprak davranışı ve gübre değerinin etkileyen temel fiziksel ve kimyasal özellikler belirlemek için üre numunesi ile karşılaştırılmıştır. Çamur ve parçacık yoğunluğu sırasıyla 608 kg.m<sup>-3</sup> ile 618 kg.m<sup>-3</sup> ve 1297 k.gm<sup>-3</sup> ile 1357 kg.m<sup>-3</sup> arasında bulunmuştur. Sıkıştırma testleri, organomineral gübrelerin parçacık deformasyonuna uğradığını ve bunu takiben dikey yük uygulandığında gerçekleştiğini uğradığını göstermiştir. Parçacık çapına bağlı olarak statik parçacık kuvveti 1,18 ile 4,33 Nm.m<sup>-2</sup> arasında bulunmuştur. Gübre parçacıkları dağıtım çalışmaları için model kullanıldığında organomineral gübrelerin çapı 1,10 ve 5,50 mm arasında bulunmuştur [30].

Florio ve ark., (2015), laboratuvar inkübasyon deneyi ve seracılık çalışmaları ile, organomineral gübrelerin azot tüketimi ve topraktaki çimenlerde ve ayrıca toprak mikrobiyal biyokütle ve amonyak oksitleyicilerindeki kayıplarda mineral gübrelemeye alternatif bir uygulama olabilirliğini araştırmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre, organomineral gübrelemede, mineral gübrelemeye kıyasla bitki verimliliği ve amonyak emisyonları arasında önemli bir farklılık saptanmamasına rağmen, toprak toplam N içeriğinde bir artış ve sızan nitratlarda ortalama %17,9 azalma gözlenmiştir. Bu durum organomineral gübrenin, organik madde fraksiyonunun kısa vadede mikrobiyal biyokütledeki N immobilizasyonu etkilemiş olmasından kaynaklanmıştır. Çalışma sonuçları bir bütün halinde değerlendirildiğinde, organomineral gübrenin toprağa uygulanmasının, yeterli verimliliği sağladığı görülmüştür [5].

Belyaeva ve Haynes (2012), kömür külünün bir bitki büyüme ortamı olarak kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik özelliklerine etkilerini incelemişlerdir. Bu amaçla kömür külü ve biyosolid, yeşil atık kompostu ve tavuk gübresi kullanarak karışımlar hazırlamışlar ve bu karışımların çim büyümesine olan etkilerini araştırmışlardır. Kömür külü ilavesinin karışımlardaki Mg, K, Na ve P konsantrasyonlarının ve KDK'nın (pH 7,0) artmasına neden olmuştur. Bununla birlikte karışımlarda kanatlı gübresinin ve bilhassa biyosolidlerin bulunması, ekstrakte edilebilir NH<sub>4</sub> düzeylerini de büyük ölçüde arttırmıştır. Yeşil atık kompostu ise karışımın makro porozitesinde azalmaya, meso porozitede artışa ve yüksek oranda ilave su tutma kapasitesine neden olmuştur. Bunun yanında kömür külü içeren tüm karışımlar çim bitkisinin büyümesine pozitif katkı sağlamıştır [32].

Khan ve Khan (1996), Yaptıkları çalışmada uçucu külün domates verimi ve bitki büyümesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre, uçucu kül konsantrasyonunda kademeli artış, tarla toprağında poroziteyi, su tutma kapasitesini, pH, iletkenlik katyon değiştirme kapasitesi sülfat, karbonat, bikarbonat, klorür, P, K, Ca, Mg, Mn, Cu, Zn ve B. değerlerini artırmıştır. Uçucu kül artışı toprakta nitrojen içeriğinde önemli azalmaya sebep olmuştur. Kül-toprak karışımında yetiştirilen domates bitkileri daha büyük ve daha yeşil yapraklar ile verimli bir büyüme göstermiştir. %40-80 oranında uçucu kül kullanımıyla (optimal olarak %50 veya %60 oranında) bitki büyümesi, verim, (çiçeklenme, meyvelenme, meyve ağırlığı/bitki, yani meyve ağırlığı) karetonidler ve klorofiller uygulamalarda çoğunlukla artırılmıştır. %100 uçucu külde, verim (meyve ağırlığı/bitki) oldukça düşük bulunmuştur. Domates yapraklarının bor içeriği, %20 den fazla uçucu kül eklenmesiyle kademeli bir artış göstermiştir [18].

Obernberger ve ark., (1997) yaptıkları çalışmada çeşitli biyokütle yakma tesislerinde farklı biyokütlerle yakma deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Ağaç talaşı, ağaç kabuğu, saman ve tahıllarla yaptıkları bu denemelerde en az ikişer günlük gözlem yapmışlar ve çeşitli numune örnekleri almışlardır. Gözlemlerinin sonucunda özellikle Cd ve Zn'nin azaldığını saptamışlardır. Ayrıca araştırmalarında saman ve tahıl küllerinin odunsu biyokütlerle oranla önemli ölçüde daha düşük ağır metal ihtiva ettiği sonucuna varmışlardır. Aynı durum S, Na ve K içinde söz konusudur [33].

Narodoslawsky ve Obernberger (1996) Biyokütle yakma tesislerinden atık olarak çıkan uçucu külün ve taban külünün tarımda kullanılabilirliğini ve ağır metal içeriğini incelemişlerdir. Tarım için gerekli olan bitki besin elementlerinden kalsiyum, fosfor ve potasyumun yanı sıra mineral içeriği yüksek olan uçucu külün ve taban külünün tarımda kullanılabileceğini fakat içeriğinde bulunan kadmiyumdan ötürü yine de kullanılmasının risk oluşturacağını ifade etmişlerdir [34].

Lau ve Wong (2001) Gübre kompostunun genel kullanımını kısıtlayan toksisitesini düşürmek amacıyla kömür uçucu külü kullanılan bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Olgunlaşmış ve olgunlaşmamış gübre kompostu %5, 10 ve 20 (kuru ağırlık bazında) kömür uçucu külü ile karıştırmışlar ve fitotoksitesini marul tohumunun çimlenmesi ve kök uzunluğu büyümesi ile değerlendirmişlerdir. Olgunlaşmamış gübre kompostu, olgun gübre kompostuna göre önemli ölçüde daha yüksek  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$  ve suda çözünebilen Cu ve Zn içeriğine aside sahiptir. Kül ihtivası elektrik iletkenliğinde (EC) önemli bir artışa sebep olurken, her iki gübrenin de  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$  ve suda çözünebilen Cd, Cu, Pb ve Zn içeriklerinde bir düşüşe neden olmuştur. Olgunlaşmamış gübre kompostu için %5 ve olgun kompost için %10 kömür uçucu külü ilavesi, daha yüksek bir tohum çimlenme oranı ve kök uzunluğu artışı ile sonuçlanmıştır. Bu çalışmada, eser elementlerin ve  $\text{NH}_4\text{-N}$ 'nin varlığını azaltmak için gübre kompostuna kömür uçucu külün eklenmesinin faydalı olacağı sonucuna varılmıştır [35].

### **BÖLÜM 3. MATERYAL VE METOT**

Günümüz atık yönetimi anlayışının temel prensipleri atık azaltma, yeniden kullanma ve geri dönüşümdür. Evsel ve endüstriyel kaynaklı atıkların, ayrılarak ve gerekli ön işlemlerden geçirilerek bu prensip doğrultusunda işlem görmeleri yaygın bir uygulama haline gelmiştir. Ancak özellikle kırsal kesimde oluşan ve temel kaynağı tarımsal faaliyetler olan organik atıklar için henüz işlevsel bir geri dönüşüm modelinden söz etmek mümkün değildir.

Bu atıkların büyük bölümünü hayvansal gübreler oluşturmaktadır. Mevcut durumda bu gübrelerin uygun yöntemler ile bertaraf edilen miktarı, bu atıkların toplam miktarının çok altında olup, uygulamada bu atıklar doğal çevreye kontrolsüz olarak verilmektedir. Oysaki hayvan gübreleri ve diğer kırsal kesim organik atıklarının temel kaynağı topraktır. Dolayısı ile bu atıkların en doğru ve sürdürülebilir geri dönüşümü, gerekli işlemlerden geçirildikten sonra tekrar toprakta kullanılmasıdır.

Yüksek miktarlarından dolayı, toprağa geri dönüşümü sağlanması gereken hayvan gübrelerinin başında tavuk gübreleri gelmektedir. Teorik olarak yüksek bitki besin maddesi içeriğinden dolayı, diğer hayvan gübrelerine göre toprağa en yüksek faydayı sağlayabilecek potansiyele sahip olanlardan biri tavuk gübreleridir. Bununla birlikte tavuk gübrelerinin doğrudan toprağa verilmesi mümkün değildir. Öncelikle başta toprak olmak üzere, doğal çevreye kirletici etki yapabilecek özelliklerinin giderilmesi gerekir.

Tavuk gübresinin problem oluşturan ve iyileştirilmesi gereken iki olumsuz özelliği vardır. Bunlar yüksek amonyak içeriği ve hızlı mikroorganizmal faaliyettir. Günümüzde bu olumsuz özelliklerin iyileştirilmesi için tavuk gübresinin kompostlanması en yaygın uygulamadır. Ancak her ne kadar kompostlama işlemi tavuk gübresinin olumsuz özelliklerini azaltsa, bu işlem gübre değerini de oldukça

düşürmektedir. Dolayısı ile tavuk gübresinin olumsuz özellikleri iyileştirilirken, gübre değerinin korunabileceği yeni bir alternatif ihtiyacı vardır.

Bu ihtiyaçtan hareketle ortaya çıkan bu çalışmada, tavuk gübreleri ve makro ve mikro bitki besin elementleri içeriği yüksek biyokütle külü ile karıştırılmış ve bu uygulamanın tavuk gübresinin özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma kapsamında yürütülen faaliyetler ve bu faaliyetlerde kullanılan yöntemler aşağıda sunulmaktadır.

### **3.1. Tavuk Gübresinin Miktarı Ve Mevcut Durumunun Belirlenmesi Amacıyla Yapılan Çalışmalar**

Tavuk gübresi ile ilgili literatür incelendiğinde, konu ile ilgili çalışmalarda gübre miktarı ile ilgili farklı değerler verildiği görülmüştür. Bundan dolayı broiler tavuk yetiştiriciliğinde ortaya çıkan gübre miktarının ve tavuk gübresinin mevcut bertaraf yöntemlerinin belirlenmesi için saha çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmalarda tavuk gübresinin miktarı grid yöntemi ile belirlenmiştir. 30-40 cm boyutlarındaki (0,12m<sup>2</sup>) grid ile yeni boşaltılmış, tavuk bulunmayan beş kümesteki 20 noktadan rastgele numuneler alınarak tartılmıştır. Numuneler alınırken grid kümesin değişik yerlerine rastgele atılmış ve düştüğü yerde gridin içinde kalan alandan gübreler alınarak tartılmıştır. Daha sonra 1m<sup>2</sup> ye düşen tavuk sayısı (15 tavuk) ve gübre miktarı belirlenmiştir. Araştırmanın yapıldığı kümeslerde bir yetiştirme döneminin 5,5 hafta olduğu göz önünde bulundurularak aşağıdaki formülle (3.1) bir dönemde tavuk başına ortaya çıkan gübre miktarı hesaplanmıştır.

$$GM = ( GGM (kg) / GB (0,12m^2))/15 \quad (3.1)$$

GM : 1m<sup>2</sup>deki gübre miktarı

GGM : Griddeki gübre miktarı

GB : Grid boyutu

### 3.2. Çalışmada Kullanılan Tavuk Gübrelерinin Temini

Çalışmada kullanılan taze tavuk gübresi, Sakarya/Türkiye’ de bulunan bir tavuk çiftliğinden alınmıştır. Bu tavuk çiftliği broiler olarak isimlendirilen yöntemle besi tavuğu yetiştirmekte olup, bir yetiştirme dönemi için 25 bin tavuk kapasitelidir.



Şekil 3.1. Altlıklı yetiştiricilik ve ortaya çıkan tavuk gübreleri

Broiler yetiştiricilikte tavuklar için uygun ortamı oluşturmak için zemine altlık adı verilen malzeme serilir. Genellikle organik kökenli olan altlıklar için farklı metaryeller kullanılsa da ağırlıklı olarak prinç kabu ve ağaç talaşı tercih edilmektedir. Numunelerin alındığı çiftlikte altlık olarak prinç kabuğu kullanılmaktadır. Çiftlik iklimlendirme, yemleme ve sulama otomasyon sistemleri ile sağlanmaktadır.

Altlığın kümes tabanına serilmesi ve yavruların kümese yerleştirilmesi ile başlayan yetiştirme dönemi, tavukların istenen kiloya ulaşması ile sonlandırılmakta ve tavuklar kesimhaneye gönderilmektedir. Bu aşamada boşalan kümesin yeni yetiştirme dönemi için hazırlanması işlemleri başlamaktadır. Esas olarak bu dönem tavuk gübresinin ortaya çıktığı dönemdir. Yeni döneme hazırlık işlemleri, geçmiş

dönemden kalan tavuk gübrelerinin sıyırılması, kümesin temizlenmesi, havalandırma ve ilaçlama uygulamaları yapılarak temiz altlığın serilmesini içerir.

Çalışmada kullanılan tavuk gübreleri, tavuklar kesime gönderildikten hemen sonra kümesin farklı noktalarından toplam 20 kg olacak şekilde alınmış, homojen olarak karıştırılmış ve hızlıca laboratuvara ulaştırılarak 4°C'de analiz zamanına kadar saklanmıştır.



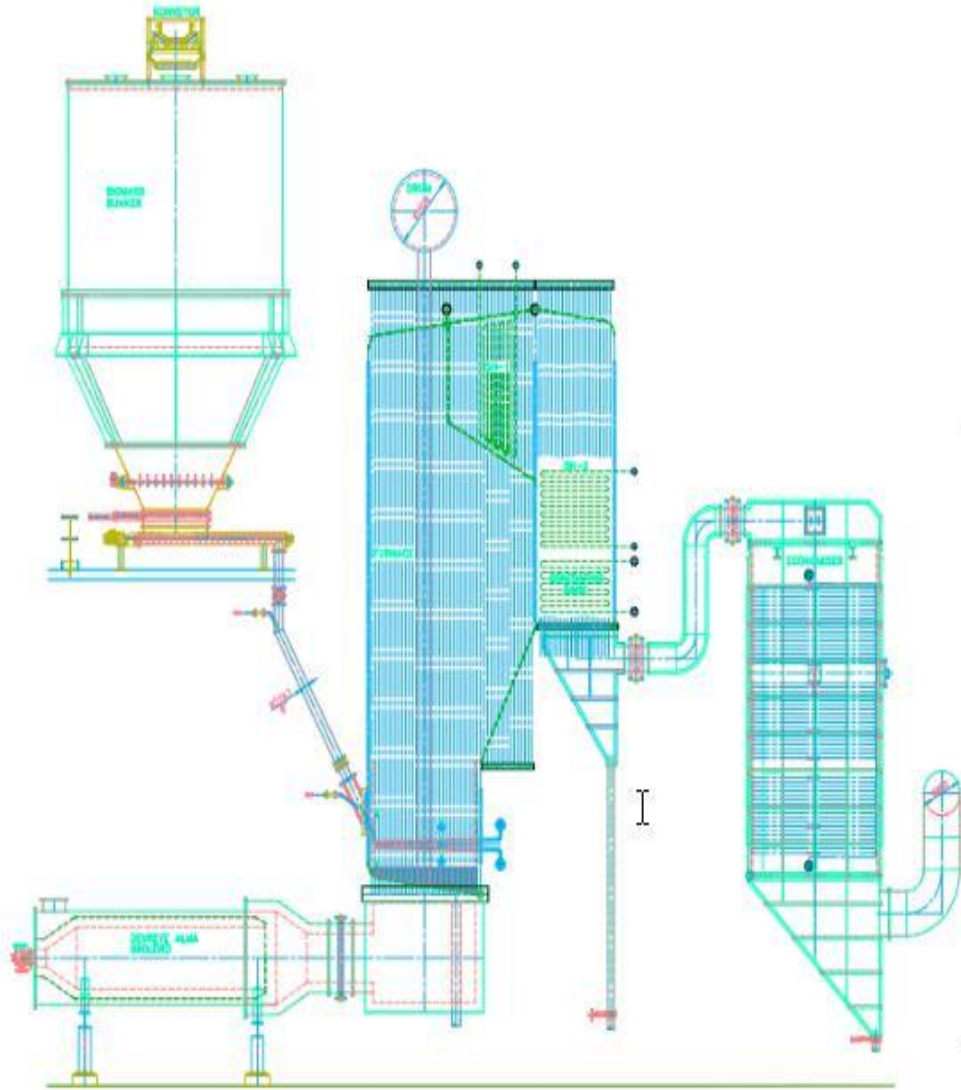
Şekil 3.2. Tavuk gübrelerinin sıyırılması ve kümesin temizlenmesi

### 3.3. Çalışmada Kullanılan Biyokütle Külünün Temini

Yakıt olarak biyokütle kullanan santraller, yakma prosesine sahip diğer enerji santrallere göre daha düşük sıcaklıklarda çalıştılarından dolayı, ortaya çıkardıkları emisyonun miktar ve içeriği açısından daha temiz bir proses kullanmaktadırlar. Bu santrallerde yakıt olarak kullanılan biyokütle çok çeşitli kaynaklardan elde edilmektedir. Tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan bitki kalıntıları, orman endüstrisi atıkları ve bahçe atıkları ve enerji bitkileri yakıt olarak en çok kullanılan biyokütle kaynaklarıdır.



Bununla birlikte bu santraller yaygınlaştıkça, sürekli ve yenilenebilir yakıt elde etmek amacı ile hızlı büyüyen mevsimlik veya çok yıllık enerji bitkisi yetiştiriciliği de hız kazanmıştır. Özellikle konvansiyonel tarımsal ürünlerin verimli olarak yetiştirilemediği düşük kalitedeki topraklar bu bitkilerin yetiştirilmesi için en uygun alanlar olarak görülmektedir.



Şekil 3.3. Prototip santral ve akışkan kazanlı yakma ünitesi

Tavuk gübresine karıştırılacak biyokütle külü, yakıt olarak yalnızca tarımsal kökenli bitki ve orman atıkları kullanan ve Bursa/Türkiye’de bulunan Güncan Enerji Ltd. Şti. firmasına ait prototip bir enerji santralinin, yakma ünitesinden alınmıştır. Prototip santral (Şekil 3.3.) akışkan kazanlı yakma ünitesine sahiptir. Kullanılan proseste,

kurutulan ve parçalanmış biyokütle kazana beslenmekte ve 800°C sıcaklıkta yakılmaktadır. Yakma işlemi sonrasında oluşan sıcak kül (biyokütle külü, dip külü) düzenli olarak sistemden atılmaktadır.

Bu sistemde az miktarda uçucu külde oluşmaktadır. Ancak bu çalışma, sistemin en önemli atığı olan dip külünün (Curuf) değerlendirilmesi amacı ile planlandığından, uçucu küller kullanılmamıştır. Çalışmada kullanılan biyokütle külünün partikül boyut dağılımı 100-200  $\mu\text{m}$  = %5, 50-100  $\mu\text{m}$  = %26, 2-50  $\mu\text{m}$  = %75, <2  $\mu\text{m}$  = %4 şeklindedir.



Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan biyokütle külü numuneleri

### 3.4. Tavuk Gübresi Ve Biyokütle Külü Karışımlarının Hazırlanması

Tavuk gübresi ve biyokütle külü karıştırma işleminde gübrenin kuru madde miktarı dikkate alınmıştır. 1000 gr gübreye kuru madde miktarına (%74,77) göre ağırlıkça değişen oranlarda ve farklı sıcaklıklarda biyokütle külü ilave edilmiştir. Çalışma kapsamında, sıcak biyokütle külü ile tavuk gübresinin nem oranının düşürülmesi uygulaması dışında yapılan tüm analizler için bu karışımlardan alınan numuneler kullanılmıştır. Farklı sıcaklıklardaki denemeler için biyokütle kül fırınında istenen sıcaklığa gelene kadar ısıtılmıştır. Karışımda kullanılan küllerin ağırlık ve sıcaklıkları ile karışımlara verilen kodlar Tablo 3.1.' de sunulmuştur.

Tablo 3.1. Karışımlarda kullanılan kül ve tavuk gübresi miktarları

Karışım Kodları	Sıcaklıklar (°C)	Kül Oranı (%)	Kül Miktarı (gr)	Tavuk Gübresi (gr)
TK <sub>11</sub>	100	10	74,77	1000
TK <sub>12</sub>	150	10	74,77	1000
TK <sub>13</sub>	200	10	74,77	1000
TK <sub>14</sub>	250	10	74,77	1000
TK <sub>21</sub>	100	20	149,54	1000
TK <sub>22</sub>	150	20	149,54	1000
TK <sub>23</sub>	200	20	149,54	1000
TK <sub>24</sub>	250	20	149,54	1000
TK <sub>31</sub>	100	30	224,31	1000
TK <sub>32</sub>	150	30	224,31	1000
TK <sub>33</sub>	200	30	224,31	1000
TK <sub>34</sub>	250	30	224,31	1000
TK <sub>41</sub>	100	40	299,08	1000
TK <sub>42</sub>	150	40	299,08	1000
TK <sub>43</sub>	200	40	299,08	1000
TK <sub>44</sub>	250	40	299,08	1000
TK <sub>51</sub>	100	50	373,85	1000
TK <sub>52</sub>	150	50	373,85	1000
TK <sub>53</sub>	200	50	373,85	1000
TK <sub>54</sub>	250	50	373,85	1000

\*TK tavuk gübresi ve biyokütle külü karışımını, alt indisler ise farklı sıcaklıkları göstermektedir.



Şekil 3.5. Biyokütle külü ve tavuk gübresi karışımı numuneleri

### 3.5. Kuru Madde Miktarı ve Nem İçeriklerinin Belirlenmesi

Tavuk gübresi ve biyokütle külü karışımı numunelerinin kuru madde miktarları 105°C’de sabit tartıma gelene kadar kurutulduktan sonra tartılması ile bulunmuştur. Nem içerikleri ise numunelerin sabit tartıma geldiğinde, toplam ağırlıkta meydana gelen kayıpla belirlenmiştir [38].

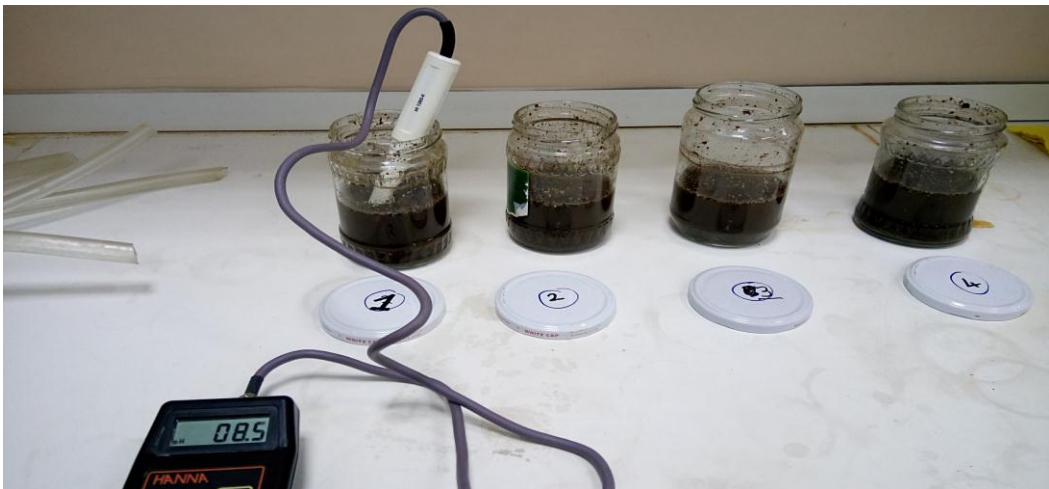
Çalışma kapsamında sıcak biyokütle külünün tavuk gübresinin kurutulmasına etkisi incelenmiştir. Bu amaçla biyokütle külü kül fırınında 100, 150, 200, 250°C sıcaklıklara kadar ısıtılmış ve tavuk gübresi ile karıştırılmış ve nem miktarı tayini yapılmıştır. Böylece sıcak külün tavuk gübresinin nem miktarının azaltılmasına etki düzeyi belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 3.6. Tavuk gübresinin sıcak biyokütle küllü ile karıştırılması ve karışımın nem miktarının belirlenmesi

### 3.6. pH ve Elektriksel İletkenliğin (EC) Belirlenmesi

Numunelerin pH ve elektrik iletkenliğini (EC) belirlemek için, su süspansiyonu yöntemi kullanılmıştır. pH, AB standartlarında belirtildiği şekilde 1:5 oranında hazırlanmış materyal-saf su süspansiyonunda cam elektrotlu pH metre ile ölçülmüştür. pH ölçümü hacimce 1:5 oranında saf su eklenen numuneler 30 dak. çalkalayıcıda bırakıldıktan sonra cam pH elektrodu, doğrudan karışımın içine daldırılarak yapılmıştır [39,40].



Şekil 3.7. Numunelerin pH ve EC ölçümü

Elektriksel iletkenlik ise, materyal-saf su karışımı, çalkalayıcıdan çıktıktan sonra, basınç pompası yardımı ile Whatman 42 filtre kâğıdı yerleştirilmiş Buchner hunisinden süzülmesi ile sıcaklık dikkate alınarak EC elektrotu ile ölçülmüştür [41].

### 3.7. Organik Madde İçeriğinin Belirlenmesi

Biyokütle külü ve tavuk gübresi karışımlarının toplam organik madde içeriğinin belirlenmesi için numuneler sabit tartıma gelene kadar 105°C'de kurutulduktan sonra, kül fırınında 550°C'de, 4 saat süreyle yakılmıştır. Yakılan numunelerin tartımlarında meydana gelen kayıp belirlenerek toplam organik madde % olarak hesaplanmıştır [42].



Şekil 3.8. Toplam organik madde (OM) miktarının belirlenmesi

### 3.8. Toplam Azot (N) İçeriğinin Belirlenmesi

Numunelerinin toplam azot içeriği, bileşikler içindeki azotun derişik sülfürik asit ile amonyağa dönüştürülmesi ve amonyağın ortam içinde amonyum sülfat halinde tutulması prensibine dayanan Kjeldahl metodu ile belirlenmiş ve % olarak ifade edilmiştir (Toplam N = Toplam kjeldahl azotu = amonyak azotu + organik azot) [43,44]



Şekil 3.9. Toplam azot (N) miktarının belirlenmesi

### 3.9. Organik Karbon (C) İçeriğinin Belirlenmesi

Çalışmada hazırlanan biyokütle külü ve tavuk gübresi karışımlarının organik karbon içeriği, Walkley-Black metoduna göre bulunmuştur. Bu metot uyarınca organik karbon içeriği, 1 gr öğütülmüş numunede, potasyum dikromatın ( $K_2Cr_2O_7$ ), organik karbon bileşikleri ile indirgenmesi ve daha sonra indirgenmeyen dikromatın, ferrous amonyum sülfat ile titre edilmesi ile kuru ağırlıkta % olarak belirlenmiştir [45,46].



Şekil 3.10. Organik Karbon (C) içeriğinin belirlenmesi

### 3.10. C/N Oranının Belirlenmesi

Numunelerin C:N oranı, organik karbon ve toplam azot değerleri kullanılarak aşağıdaki formülle belirlenmiştir [42].

$$C:N = OK / TA \quad (3.2)$$

C:N: Karbon azot oranı

OK: Organik karbon miktarı

TA: Toplam azot miktarı

### 3.11. Numunelerin Fosfor (P) İçeriğinin Belirlenmesi

Numunelerin fosfor içeriğini belirlemek için numuneler kurutulup öğütülmüş ve suda çözünür fosfor tayin metodu kullanılmıştır. Bu metoda göre, 1 gr numune alınarak saf su ile 250 ml'lik çözelti hazırlanmıştır. Bu çözeltilerden 20 ml alınmış ve renk açık sarıya dönene kadar amonyak ilave edilmiş ve filtre kağıdından süzülmüştür. Filtre kağıdında tutulan çökelti 900°C'de yakılmış ve sönartım alınarak, toplam fosfor %P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> cinsinden belirlenmiştir [47].



Şekil 3.11. Toplam Fosfor (P) içeriğinin belirlenmesi



### 3.12. Numunelerin Potasyum (K) İÇeriğinin Belirlenmesi

Hazırlanan karışımların potasyum (K) muhtevası, öğütülmüş numunelerin 1 N amonyum asetat ( $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) çözeltisi ile ekstrakte edilmesinden sonra ICP-OES (Spectro Arcos, kleve Germany) plazma yayım spektroskopisi ile tespit edilmiştir [45].

### 3.13. Mikro Element İÇeriğinin Belirlenmesi

Çalışmada kullanılan tavuk gübresi ve biyokütle karışımı numunelerinin, Çinko (Zn), Bakır (Cu), Nikel (Ni), Kurşun (Pb), Krom (Cr), Kadmiyum (Cd), Demir (Fe), Mangan (Mn) ve Kobalt (Co) içerikleri, öğütülmüş kuru numunelerin ekstrakte edilmesinin ardından ICP-OES (Spectro Arcos, kleve Germany) cihazı kullanılarak saptanmıştır [48]. Mikro element içeriği belirlenirken farklı sıcaklıkların önemli bir etkisinin olmayacağı düşünüldüğünden biyokütle külü ve tavuk gübresi oda sıcaklığında karıştırılmıştır.



Şekil 3.12. Mikro element içeriğinin belirlenmesi

### 3.14. Karışımların Fitotoksosite Düzeyinin Belirlenmesi

Tavuk gübresi ve biyokütle külü numunelerinin toksisite etkisi Zucconi ve arkadaşlarının belirttiği yöntem kullanılarak, çimlenme testi (tere testi) yöntemiyle bulunmuştur. Bu yöntemde toksisite derecesi çimlenme indeksi (Germination Index) ile tanımlanır. Çimlenme indeksini belirlemek için petri kaplarının içine filtre kâğıtları yerleştirilerek her bir petri kabına on adet tere tohumu konulmuştur. Tavuk gübresi ve biyokütle külü numuneleri saf su ile karıştırılmış ve daha sonra basınç pompası yardımı ile Whatman 42 filtre kâğıdı yerleştirilmiş Buchner hunisinden süzölmüş ve elde edilen süzükten 5 ml petri kaplarına konularak tere tohumları nemlendirilmiştir. Petri kaplarından birinde nemlendirme işlemi saf su kullanılarak yapılmıştır ve bu kontrol amacıyla kullanılmıştır. Petri kapları inkibatore konulmuş ve 25°C'de üç gün süreyle bekletilmiştir. Üç günün sonunda çimlenen tere tohumu sayısı ve filizlerin boyu ölçölmüş ve aşağıdaki formöl kullanılarak çimlenme indeksi (Germination Index) hesaplanmıştır [49].

$$\text{Çİ (\%)} = 100 \times (\% \text{ Çe} \times \text{Le}) / (\% \text{ Çs} \times \text{Ls}) \quad (3.3)$$

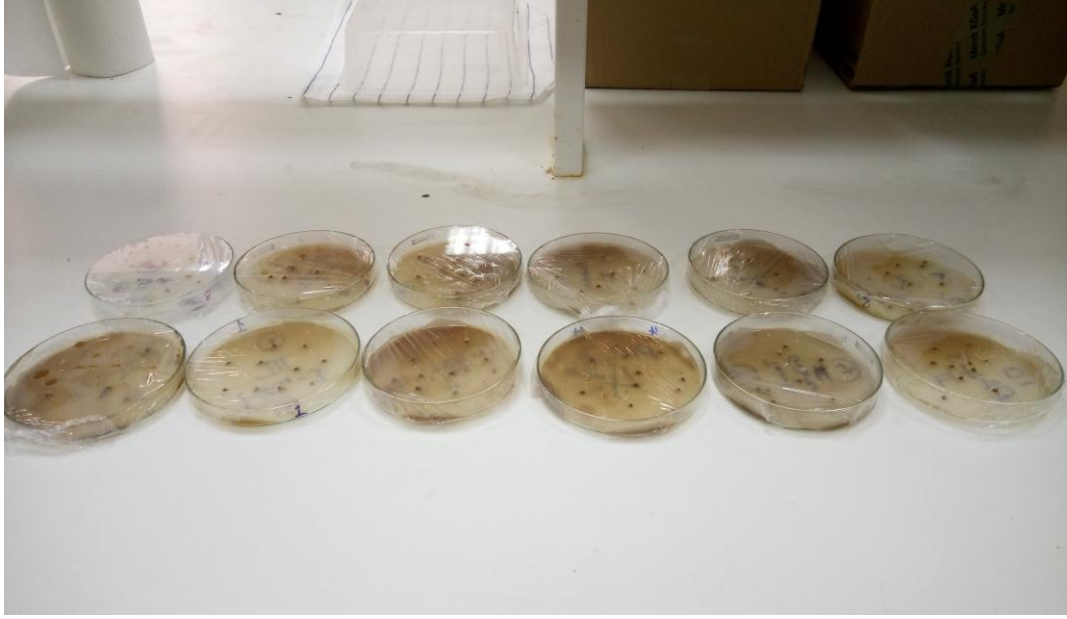
Çİ: Çimlenme indeksi

Çe: Yetiştirme ortamından hazırlanan süzöntüden koyulan petrilerdeki çimlenen tohum sayısı

Le: Yetiştirme ortamından hazırlanan süzöntüden koyulan petrilerdeki filizlerin boyu

Çs: Saf su koyulan petrilerdeki çimlenen tohum sayısı (Kontrol)

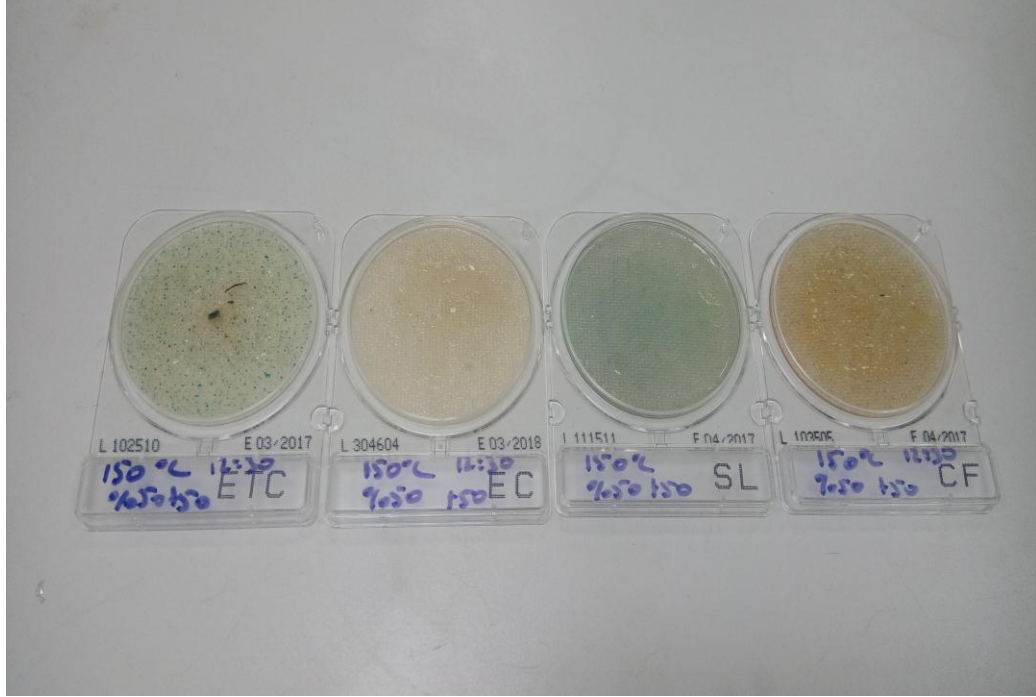
Ls: Saf su koyulan petrilerdeki filizlerin boyu (Kontrol)



Şekil 3.13. Tere tohumları ile yapılan çimlenme testi

### 3.15. Biyokütle Külü İlavesinin Patojen Mikroorganizma Giderimine Etkisinin Belirlenmesi

Çalışmada kullanılan sıcak biyokütle külünün tavuk gübresi içerisindeki patojen mikroorganizmaların giderilmesi üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla alınan numunelerin mikrobiyolojik analizleri yapılmıştır. Mikrobiyolojik analizlerde numunelerin içerisindeki patojen araştırması (*Termotolerant Coliform*, *Salmonella*, *E.coli* *Enterokok*) hazır besi yerleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Alınan numuneler seyreltikten sonra ( $\times 10^2$ ) incelenen mikroorganizma türüne özel hazır besi yerlerine ekim yapılmış ve besi yerleri 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. Daha sonra yapılan sayım ile sonuçlar kob/g olarak belirlenmiştir [50,51].



Şekil 3.14. Patojen mikroorganizmaların belirlenmesi

Bununla birlikte sıcak biyokütle külü her ne kadar yüksek sıcaklıklarda işlem görsede analizlerin öncesinde kontaminasyon olma ihtimaline karşı kontrol amacı ile tavuk gübresine uygulanan mikrobiyolojik incelemeden geçirilmiştir.

### 3.16. Sonuçların Değerlendirilmesinde Kullanılan İstatistiksel Yöntemler

Çalışma kapsamında ki tüm analizler üç replikasyonlu olarak yapılmış ve sonuçlar beş replikasyonun ortalaması  $\pm$  SD olarak verilmiştir.

Bununla birlikte gerçekleştirilen analizlerden elde edilen bulguların istatistik analizi Statgraphics© Centurion XV programı kullanılarak yapılmıştır. Bulgulara varyans analizi uygulanmıştır.

## **BÖLÜM 4. BULGULAR VE TARTIŞMA**

Tavuk gübrelere içerdikleri yüksek orandaki makro ve mikro bitki besin elementi sayesinde tarımsal üretimin en önemli girdilerinden biri olan gübre ihtiyacını karşılamada önemli bir potansiyele sahiptir. Ancak günümüzde tavuk gübrelere bu amaçla kullanımı oldukça sınırlıdır. Bunun temel nedeni içerdiği yüksek orandaki amonyağın doğrudan kullanımda bitkiler için zararlı olması, koku ve vektör çekiciliği gibi sorunlara yol açmasıdır. Ayrıca özellikle koku ve vektör çekiciliği sorunu tavuk gübresinin depolanmasını ve alternatifi olduğu gübre çeşitleri gibi paketlenerek tüketiciye ulaştırılmasını da zorlaştırmaktadır. Bununla birlikte bahsedilen problemlerin giderilmesi için uygulanan kompostlama gibi yöntemler tavuk gübresinin azot başta olmak üzere bitki besin elementi içeriğini ve organik maddesini azaltmaktadır.

Tavuk gübresinin mevcut problemlerinin giderilerek, tarım uygulamalarında önemli bir alternatif haline getirmek, yalnız tarımsal üretim için ucuz ve bol gübre sağlamakla kalmayacak, aynı zamanda bu gübrelere bertarafı içinde sürdürülebilir, ekolojik ve ekonomik bir yöntem kazandırmış olacaktır.

Bununla birlikte hayvansal gübrelere için diğer bir bertaraf seçeneği olan biyogaz üretiminde kullanma alternatifi açısından tavuk gübresi kullanışlı değildir. Yüksek amonyak içeriği biyogaz üretiminde de problem oluşturmakla birlikte antibiyotik içeriği de problem oluşturmaktadır. Tavuk yetiştiriciliğinde hastalıklara karşı yoğun olarak antibiyotik kullanılmakta ve bu kullanılan antibiyotikler tavuk dışkına geçmektedir. Bu yoğun antibiyotik içeriği biyogaz üretiminde kullanılan mikroorganizmaları öldürmekte veya faaliyetini yavaşlatmaktadır. Bundan dolayıdır ki tavuk gübrelere biyogaz üretiminde kullanılarak bertaraf edilmesi son derece sınırlıdır.

Diğer taraftan kömür ve petrol ürünlerine göre daha temiz ve yenilenebilir bir yakıt olan biyokütle kullanılarak enerji üretimi hızla yaygınlaşmaktadır. Bu santraller düşük sıcaklıklarda çalıştıklarından daha düşük oranda emisyon üretmekte ve daha az hava kirliliğine neden olmaktadır. Bu santrallerin en önemli atığı ise biyokütle külüdür. Günümüzde faydalı kullanım alanları çok sınırlı olsada, bu küller içerdikleri yüksek miktardaki mineraller ile önemli bir değer oluşturmaktadır. Ayrıca biyokütle külleri proses çıkışında 400 °C gibi yüksek bir ısı değerine sahiptir. Bu ısı da mevcut durumda kullanılmamakta ve soğutulması için uygulanan işlemler önemli bir ve maliyet kalemi oluşturmaktadır.

Tavuk gübresi ve biyokütle külü için faydalı bir kullanım alanı geliştirerek, mevcut durumda atık olarak görülen ve yapılan yanlış uygulamalar neticesinde çevre kirliliği ve insan sağlığı için büyük risk oluşturan bu materyallerden katma değeri yüksek bir ürün geliştirilmesi temel amacı ile planlanan bu çalışmadaki temel fikir, tavuk gübresinin sıcak biyokütle külü ile kurutulması, azot kaybının giderilmesi, nem miktarı azaltılarak koku ve vektör çekiciliğinin azaltılması ve biyokütle külünün içerdiği minerallerle tavuk gübresinin bitki besin elementi içeriğinin zenginleştirilmesidir.

Bu amaç doğrultusunda tavuk gübresi ve değişik sıcaklıklardaki biyokütle küllerinin farklı oranda kullanıldığı karışımlar hazırlanmış ve bu karışımların organomineral gübre olarak kullanılabilirlikleri incelenmiş ve yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

#### **4.1. Tavuk Gübresinin Miktarı ve Mevcut Durumunun Belirlenmesi**

Tavuk kümeslerinden oluşan organik atıkların miktarı ve karakterizasyonu, yetiştirilen tavuğun cinsine, yetiştirme süresine, kullanılan yemin miktar ve özelliklerine, seçilen altlığın türü ve serme miktarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Tavuk gübresinin miktarının hesaplanması için literatürde verilmiş kesin bir formül bulunmamaktadır. Bununla birlikte literatürdeki çalışmalarda genel olarak tavuk

sayısı ile bir tavuğun günlük dışkı miktarı çarpılarak tavuk gübresinin miktarı hesaplanmaya çalışılmıştır. Bu hesaplama yumurta tavukçuluğu gibi altlık kullanılmayan kümesler için pratik bir hesaplama yöntemi olarak kabul edilebilir.

Fakat broiler kümeslerde kullanılan altlık miktarı da hesaba katılmalıdır. Bu projede yumurta tavukçuluğunun ve altlıklı üretimin ayrı ayrı düşünüldüğü bir model geliştirilmiş ve toplam tavuk gübresinin miktarı hesaplanmaya çalışılmıştır.

Hesaplamalarda günlük tavuk dışkısının miktarı bir çok literatürde verildiği gibi canlı ağırlığın %4,5'i olan 0,1-0,15 kg olarak alınmış ve tavuk gübresi için belirlenen en düşük ve en yüksek günlük miktarlar 365 günle çarpılıp gerekli birim dönüştürmeleri yapılarak yıl/ton olarak bulunmuştur. Yumurta tavukçuluğunda tavuklar yetişkin olarak kümese alındığından gübre miktarı hesaplanırken günlük 0,15 kg değeri kullanılmıştır [3, 18].

Kullanılan altlık miktarının tespiti için saha çalışmasında gidilen kümesler de kümes alanı ile tavuk sayıları tespit edilerek, kümesler için ortalama 1 m<sup>2</sup> ye 15 tavuk düştüğü bulunmuştur. Ayrıca bir yetiştirme döneminde serilen altlık miktarı kümes alanına bölünerek 1 m<sup>2</sup> ye serilen altlık miktarı belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre 15 tavuğa kullanılan altlık miktarı 2,5 kg olarak tespit edilmiştir. Bu verilerden yola çıkarak toplam kullanılan altlık ve tavuk gübresi miktarı aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.1. Saha çalışmasında belirlenen tavuk Başına Yıllık Gübre Miktarları

Kümes Numaraları	Alınan Gübre Numunelerinin Ortalama Miktarı (kg)	1m <sup>2</sup> deki gübre miktarı (kg)	Tavuk Başına Yıllık Gübre Miktarı (kg)
1.Kümes	2,950	24,58	1,63
2.Kümes	2,985	24,87	1,65
3.Kümes	2,08	17,33	1,15
4.Kümes	2,470	20,58	1,37
5.Kümes	2,5	20,83	1,38
Ortalama	2,59	21,63	1,43

Bununla birlikte, tavuk gübresinin mevcut durumu saha incelemeleri ile belirlenmeye çalışılmıştır. Sahada yapılan incelemelerde, üretim dönemi sonunda kümeslerin temizlenmesi işlemi yapıldığında ortaya çıkan ham tavuk gübrelerinin boş tarlalara, orman ilerine dere yataklarına ve yol kenarlarına dkldğu grlmştir.

Bu durum doğal evre ve insan sağlığı açısından büyük risk oluşturmakta ve özellikle günümüzde korunması çok büyük bir sorumluluk olan yer üstü ve yeraltı temiz su kaynaklarını kirletmektedir. Özellikle tavukçuluk faaliyetlerinin yoğun olarak srdrldğu kırsal bölgelerde, bu gübrelerden kaynaklı yoğun bir koku ve sinek problemi görülmektedir.



şekil 4.1. Yol kenarına dökülmüş tavuk gübreleri

Saha alışmaları sırasında tavuk üreticileri ile görüşülmüş ve tavuk gübresi ile ilgili uygulamaları hakkında bilgi alınmıştır. Yapılan görüşmelerde, üreticilerin tavuk gübresinin doğal evre ve insan sağlığı açısından oluşturduğu risklerin farkında oldukları ve uygunsuz döküm işlemlerinin yönetmelikteki ceza ve yaptırımlarından çekindikleri ancak sektör koşullarından ve maddi yetersizliklerden dolayı soruna çözüm bulunamadığı anlaşılmıştır.



Bunun yanında yine saha çalışmalarında, kümes kapasitelerinin ve üretim planlarının çeşitlilik göstermesi ve kümeslerin geniş bir bölgeye yayılı olarak bulunması nedeni ile, tavuk gübrelere uygun bir bertaraf yöntemi bulunsa bile toplanma maliyetinin yüksek olacağı görülmüştür. İşlevsel bir toplama yönteminin geliştirilmesi için, kümeslerin konumlarının, üretim miktar ve zamanlarının ve uygun toplama araç ve güzergahlarının bir bütün olarak değerlendirilmesinin gerekli olduğu sonucuna varılmıştır.

#### **4.2. Çalışmada Kullanılan Tavuk Gübresinin Özellikleri**

Dünyada ve ülkemizde tavuk gübrelere büyük bölümü broiler yetiştiricilikten kaynaklanmaktadır. Bir besi tavukçuluğu çeşidi olan broiler yetiştiriciliğinde, yavrular altlık denilen bir malzemenin üstüne konularak uygun büyüklüğe gelene kadar burada bakılırlar. Yetiştirme dönemi sonunda ortaya çıkan broiler tavuk gübresi, esas itibarı ile tavuk dışkısı ve altlık karışımıdır. Altlık olarak çok çeşitli materyaller kullanılması tavuk gübresinin karakteristiğini etkileye bilmektedir.

Bu çalışmada son yıllarda en yaygın altlık malzemesi olan pirinç kabuklarının altlık olarak kullanıldığı bir kümeden alınan tavuk gübrelere kullanılmıştır. Bununla birlikte yapılan analizlerle, kullanılan tavuk gübresinin genel özellikleri belirlenmiş ve sonuçlar tablo 4.2.'de sunulmuştur.

Tablo 4.2.'deki sonuçlar incelendiğinde kullanılan tavuk gübresi numunelerinin %25,23 nem içeriğine sahip olduğu, %76,92 oranında organik maddeden oluştuğu, toplam azot oranının yüksek olduğu (5,13 % KM) ve azottan sonra içeriğindeki en yüksek mineralin kalsiyum (4,96 % KM) olduğu söylenebilir. Yüksek azot içeriği tavuk gübrelere en karakteristik özelliğidir. Kalsiyumun yüksek olması ise tavuk yemi olarak kullanılan karışımlara katılan mermer tozu gibi yüksek oranda kalsiyum içeriğine sahip yem bileşenlerinden kaynaklanmaktadır.

Tablo 4.2. Çalışmada kullanılan tavuk gübresinin özellikleri

Özellikler	Broiler Tavuk Gübresi
Kuru madde miktarı (%)	74,77±2,26
Nem miktarı (%)	25,23±2,26
Organik madde (% KM)	76,92±3,41
pH	8,1±0,18
EC (dS/m)	6,76±0,49
Toplam organik karbon (% KM)	34,93±2,12
Toplam azot (% KM)	5,13±0,42
C:N	6,82±0,20
Fosfor (% KM)	2,32±0,96
Potasyum (% KM)	2,14±0,21
Kalsiyum (% KM)	4,96±0,60
Magnezyum (% KM)	0,62±0,009
Sodyum (% KM)	1,28±0,1
Çimlenme indeksi	92±9,6

Çalışmada kullanılan tavuk gübresinin mikro element içeriği incelenmiş ve sonuçlar tablo 4.3.'de sunulmuştur. Tablo 4.3.'deki sonuçlara göre kullanılan tavuk gübresinin içeriğindeki en yüksek mikro elementlerin sırasıyla, 752,14 mg/kg ile demir (Fe), 361,09 mg/kg ile çinko (Zn), 321,14 mg ile mangan (Mn) ve 60,3 mg/kg ile bakır (Cu) olduğu söylenebilir. İncelenen diğer mikro elementler olan nikel (Ni), kurşun (Pb), krom (Cr), kadmiyum (Cd) ve kobalt (Co) ise daha düşük miktarlar da tespit edilmiştir.

Bunun yanında taze tavuk gübresinin fitotoksosite düzeyinin belirlenmesi amacı ile çimlenme testi yapılmış ve çimlenme indeksi (Çİ) 62 bulunmuştur. Toprak iyileştirici ve bitki yetiştirme ortamı olarak kullanılacak materyallerin fitotoksositeye neden olmaması için germination index değerlerinin 100'ün üstünde olması istenmektedir [35].

Tavuk gübresinin çimlenme indeksi bu değerlerin altında bulunmuştur. Bu durum taze tavuk gübresinin saf olarak bitkiler için fitotoksositeye neden olabileceğini göstermektedir.

Tavuk gübresinin makro ve mikro element içeriği genellikle altlık olarak kullanılan malzemeye, yetiştirme döneminin uzunluğuna, kümes özelliklerine ve tavukların yem içeriğine göre değişebilmektedir. Bundan dolayı çalışmada kullanılan tavuk gübresinin özellikleri literatürde konu ile ilgili yapılmış çalışmalarda kullanılan tavuk gübresi özelliklerine bakılarak değerlendirilmiştir.

Tablo 4.3. Çalışmada kullanılan tavuk gübresinin mikro element içeriği

<b>Mikro Elementler (mg/kg)</b>	<b>Broiler Tavuk Gübresi</b>
Çinko (Zn)	361,09±18,3
Bakır (Cu)	60,34±7,1
Nikel (Ni)	12,4±1,7
Kurşun (Pb)	10,21±1,4
Krom (Cr)	9,58±1,2
Kadmiyum (Cd)	1,4±0,1
Demir (Fe)	752,14±28,4
Mangan (Mn)	321,14±17,6
Kobalt (Co)	0,35±0,08

Literatürde ki çalışmalarda tavuk gübrelerinin bazı özelliklerine ait değer aralıkları, nem içeriği %19-30, organik madde muhtevası %46-92, pH 6,3-8,4, EC 6,3-12,6 dS/m, organik karbon 29-38 % KM, toplam azot 2,6-5,3, C:N 6,4-11,8, fosfor 0,6-3,9 % KM, potasyum 0,7-5,7 % KM, kalsiyum 0,8-6,1 % KM, demir 529-2982 mg/kg, çinko 54-680 mg/kg, mangan 125-667 mg/kg olarak verilmektedir. Bu değer aralıkları göz önünde bulundurulduğunda, çalışmada kullanılan tavuk gübresinin tüm değerlerinin bu değer aralıkları içinde olduğu söylenebilir [15,52,53,54,55,56,57,58].

Tablo 4.4. Çalışmada kullanılan tavuk gübresinin patojen mikroorganizma içeriği

<b>Mikroorganizma Türü</b>	<b>Broiler Tavuk Gübresi (kob/g)</b>
<i>Termotolerant Coliform</i>	25x10 <sup>3</sup>
<i>Salmonella</i>	0
<i>E.coli</i>	0
<i>Enterokok</i>	7,2x10 <sup>3</sup>

Çalışmada kullanılan tavuk gübresinin patojen mikroorganizma içeriği incelenmiş ve sonuçlar tablo 4.4.'de sunulmuştur. Tablo 4.4. incelendiğinde tavuk gübresinin içerisinde *Salmonella* ve *E.coli* ye rastlanmadığı, *Enterokok* sayısının  $72 \times 10^2$  olduğu ve en çok tespit edilen mikroorganizma türünün  $245 \times 10^2$  ile *Termotolerant Coliform* olduğu söylenebilir.

### 4.3. Çalışmada Kullanılan Biyokütle Külünün Özellikleri

Biyokütlenin enerji santrallerinde yakıt olarak tüketimi hızla yaygınlaşan bir uygulamadır. Bunun yanında enerji santrallerinde biyokütle tüketimi arttıkça, ortaya bol miktarda, bu prosesin en önemli atığı olan biyokütle külü çıkmakta ve bu küllerin bertaraf ihtiyacı çıkmaktadır. Yakıt olarak kullanılan biyokütlenin çok çeşitli olması, ortaya çıkan külünde özelliklerini etkilemektedir. Literatürde farklı biyokütle materyallerinin yakılması ile elde edilen küllerin özellikleri arasında, mineral içerik benzer olmakla birlikte oransal farklılıklar olduğunu ortaya koyan bir çok çalışma mevcuttur [33,34].

Bu çalışmada kullanılan biyokütle külü, orman endüstrisi atıkları ile mısır samanı ve fındık zürufu gibi tarımsal kökenli atıkların, akışkan yataklı yanma ünitesine sahip prototip bir enerji santralinde yakılması ile elde edilmiştir. Kullanılan külün bazı özelliklerine ait değerler Tablo 4.5. ve tablo 4.6.'de verilmiştir.

Tablo 4.5. Çalışmada kullanılan biyokütle külünün özellikleri

Özellikler	Biyokütle Külü
pH	12,14±0,9
EC (dS/m)	14,28±1,62
Fosfor (%)	1,46±0,82
Potasyum (%)	5,83±0,92
Kalsiyum (%)	32,82±2,41
Magnezyum (%)	5,34±0,8
Sodyum (%)	0,96±0,09
Çimlenme İndeksi	108±9,46

Tablo 4.5.'deki değerler incelendiğinde çalışmada kullanılan biyoktle külünün bazik karakterde (pH=12,14) ve içerisindeki mineral içeriğinden dolayı yüksek elektriksel iletkenlik değerine sahip (EC=14,28) olduğu ve makro bitki besin elementlerince zengin olduğu görülebilir. Makro besin elementleri arasında en yüksek değerler kalsiyum (% 32,82) ve potasyumda (% 5,83) bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar literatürde ki konuyla ilgili çalışmalarda sunulan bulgularla uyumludur. Literatürdeki çalışmalarda, biyoktle külünün genel kompozisyonunda, yakılan biyoktlenin türüne göre oransal farklılık göstermekle birlikte, silisyum(SiO<sub>2</sub>), kalsiyum (CaO), potasyum (K<sub>2</sub>O), fosfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), magnezyum (MgO) ve sodyum (Na<sub>2</sub>O) bulunduğu belirtilmiştir [33,59]. Bu minerallerden biyoktle külünde en fazla bulunan silisyumdur. Ancak silisyumun tarımsal uygulamalarda bitki besin elementi olarak kullanımı yoktur. Bundan dolayı biyoktle külünün içeriğindeki bitki besin elementlerinin değerlendirilebilirliğinin araştırıldığı bu çalışmada silisyum incelenmemiştir.

Tablo 4.6. Çalışmada kullanılan biyoktle külünün mikro element içeriği

<b>Mikro Elementler (mg/kg)</b>	<b>Broiler Tavuk Gübresi</b>
Çinko (Zn)	657,64±25,6
Bakır (Cu)	45,93±7,1
Nikel (Ni)	25,34±3,5
Kurşun (Pb)	28,36±5,2
Krom (Cr)	47,68±3,9
Kadmiyum (Cd)	2,18±0,3
Demir (Fe)	1843,72±65,7
Mangan (Mn)	1013,56±42,8
Kobalt (Co)	4,28±0,5

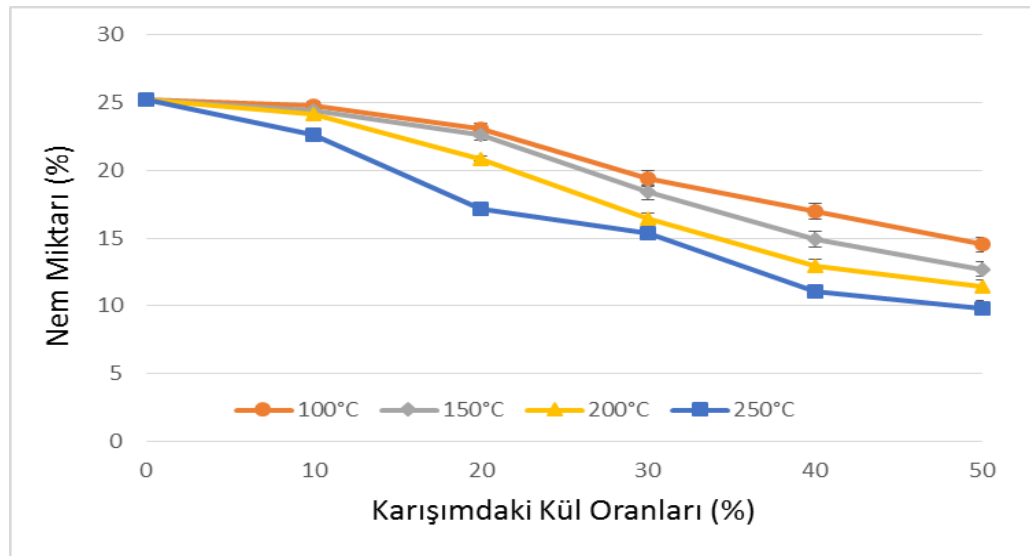
Bununla birlikte çalışmada kullanılan biyoktle külü makro elementlerde olduğu gibi, mikro besin elementleri açısında da oldukça zengindir (Tablo 4.6.). Kl içerisinde en yüksek miktara sahip mikro elementler demir (1843,72 mg/kg), mangan (1013,56 mg/kg) ve çinkodur (657,64 mg/kg). Kadmiyum (2,18 mg/kg) ve kobalt (4,28 mg/kg) ise en az bulunan mikro elementler olmuştur. Bunun yanında tavuk gübresi ve biyoktle külü makro ve mikro bitki besin elementi içerikleri açısından

karşılaştırıldığında incelenen tüm parametrelerde biyokütle külüne ait değerlerin yüksek olduğu belirlenmiştir.

#### 4.4. Sıcak Biyokütle Külü Kullanılarak Tavuk Gübresinin Nem Miktarının Düşürülmesi

Tavuk gübresi içindeki bitki besin elementlerinden dolayı önemli bir potansiyele sahiptir. Bununla birlikte tavuk gübresinin koku ve vektör çekiciliği gibi olumsuzluklardan dolayı, depolanma ve uygulamadaki zorlukları bu potansiyelin değerlendirilmesinde önemli bir etkidir.

Bu sorunların azaltılmasının en etkili ve pratik yolu tavuk gübresinin nem içeriğinin azaltılmasıdır. Bu çalışmada biyokütle santrallerinden yaklaşık 400°C gibi yüksek bir sıcaklıkta çıkan ve bertaraf edilmeden önce soğutulması gereken biyokütle küllerinin atık ısısı tavuk gübresinin kurutulmasında kullanılmıştır. Değişik oran ve sıcaklıklardaki biyokütle külünün tavuk gübresine karıştırılması ile gübrenin nem miktarında meydana gelen değişimler Şekil 4.2.'de görülmektedir.



Şekil 4.2. Farklı oran ve sıcaklıklardaki biyokütle külünün tavuk gübresi nem miktarına etkisi

Ham tavuk gübresinin başlangıç nem miktarı %25,23 olarak belirlenmiştir. Şekil 4.2' de görüldüğü gibi tavuk gübresi ve biyokütle külü karışımlarında, kül oranı ve kül sıcaklığı arttıkça nem karışımlarının nem miktarı düşmektedir. En düşük nem miktarı

%9,82 ile, en sıcak ve yüksek orandaki kül kullanılan TK<sub>54</sub> uygulamasında (250°C ve %50 kül) edilirken, en yüksek nem değeri %24,75 ile, en düşük sıcaklık ve kül oranına sahip uygulama olan TK<sub>11</sub> (100°C ve %10 kül) de belirlenmiştir. Tüm uygulamalardan elde edilen sonuçları bir bütün olarak incelendiğinde sıcak biyokütle külünün tavuk gübresinin nem miktarını düşürmede önemli derecede etkili olduğu söylenebilir.

#### **4.5. Biyokütle Külü Uygulamasının Bitki Besin Elementleri Üzerine Etkileri**

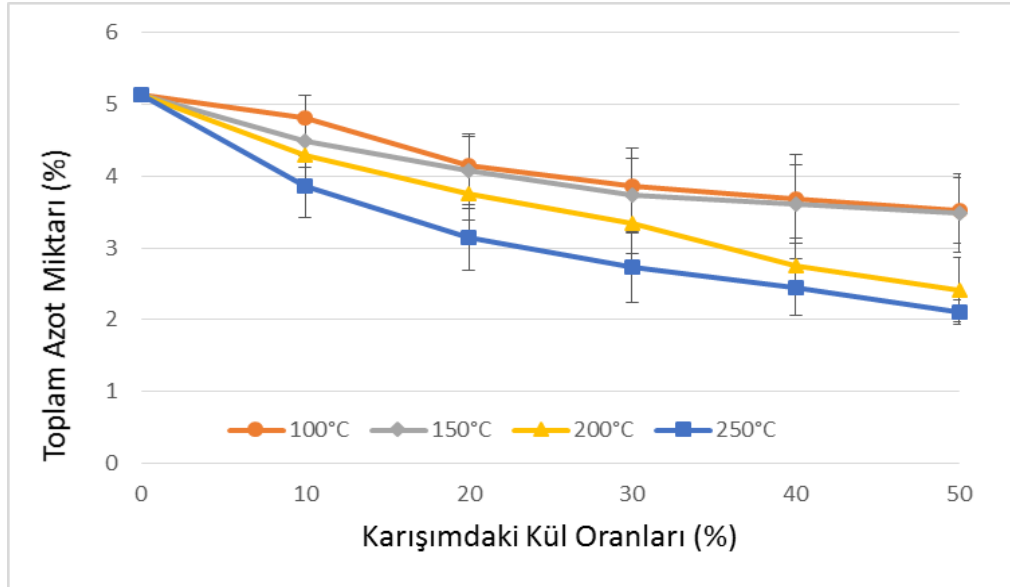
Biyokütle külü başta potasyum olmak üzere makro ve mikro besin elementleri açısından oldukça zengindir. Külün bu özelliği uzun yıllardır bilinmesine rağmen kaynağın yetersiz ve çok dağınık olmasından dolayı tarımsal uygulamaları sınırlı kalmıştır. Oysaki günümüzde biyokütlenin önemli bir yakıt kaynağı olarak büyük ölçekli enerji üretiminde kullanılmaya başlanması, biyokütle külünün de toplu olarak ve yüksek miktarlarda oluşmasını sağlamıştır. Bu durum biyokütle külünün tarımsal uygulamalarda bitki besin elementi sağlayıcısı olarak kullanımı açısından önemli potansiyelinin hayata geçirilmesini sağlayabilir.

##### **4.5.1. Biyokütle külü uygulamasının tavuk gübresinin toplam azot (N) içeriğine etkileri**

Azot tüm canlılarda olduğu gibi bitki metabolizmasında önemli bir yeri olan ve yeterli bitki büyütme potansiyeli için, tarımsal üretimin başlıca ihtiyaçlarından biri olarak görülen bir elementtir. Dünyadaki azot elementi rezervinin büyük bölümü atmosferde bulunur ve azot çeşitli formlarda toprak ve atmosfer arasında sürekli bir döngüye sahiptir. Bu döngünün sürekliliğinde en önemli işlev bitkiler ve mikroorganizmalar tarafından yürütülmektedir. Azot bu döngü esnasında organik, inorganik ve gaz formlarına dönüşür [60].

Tarımsal üretimde azot ihtiyacı yüksektir ve bitkilerin ihtiyaçlarının karşılanabilmesi ve yüksek verim elde edilebilmesi için, toprakların azot yönünden desteklenmesi gerekmektedir. Bununla birlikte azot ihtiyacının gübreleme ile karşılanmasında organik kökenli gübreler yeterli olmadığından genellikle kimyasal gübreler kullanılır.

Ancak bu durum özellikle bitkilerin ihtiyacından fazla azot kullanılan uygulamalarda başta su kaynakları olmak üzere doğal çevre için önemli bir kirletici unsurdur. Bunun yanında kimyasal gübrelerin yüksek maliyetleri de tarımsal üretim girdilerini artırmakta ve maliyetleri yükseltmektedir [61].



Şekil 4.3. Farklı oran ve sıcaklıklardaki biyokütle külünün tavuk gübresinin toplam azot (N) oranına etkisi

Çalışmada kullanılan sıcak biyokütle külünün değişik oranlarda tavuk gübresi ile karıştırılmasının, tavuk gübresinin toplam azot oranına etkileri şekil 4.3' de verilmektedir. Şekil 4.3.'deki sonuçlar incelendiğinde, 100 ve 150°C' sıcaklıktaki biyokütle külü kullanılan uygulamaların her ikisinde de benzer şekilde karışımların içerisindeki kül miktarı arttıkça azot oranı azalmıştır. Burada her iki uygulamada da azalma birbirine çok yakın bulunmuştur.

Bu durum azot oranının azalmasındaki nedenin sıcaklıktan çok kül oranının artması ile karışımın katı madde oranının artması ve azotun katı maddedeki yüzdeler oranının düşmesi yani seyrelmesi etkili olmuştur. Tavuk gübresinin başlangıç azot oranı %5,13 dür. 100 ve 150°C'ler de belirlenen en düşük azot oranları, en yüksek kül miktarının kullanıldığı uygulamalar olan TK<sub>14</sub> (%3,52) ve TK<sub>24</sub> (%3,48) de belirlenmiştir.



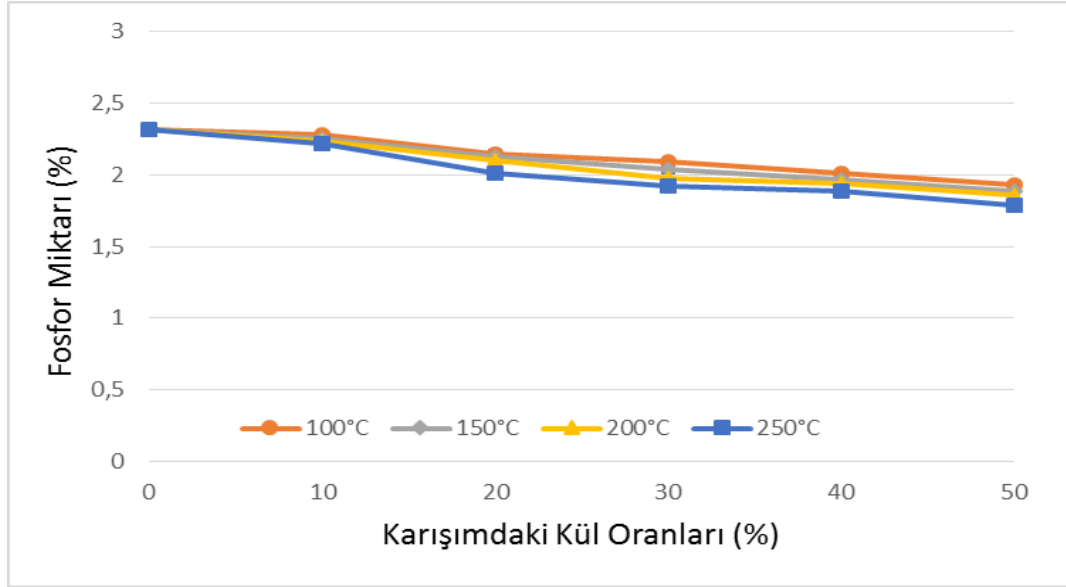
Bununla birlikte 200 ve 250°C’de ki biyokütle küllerinin kullanıldığı uygulamalarda azot kaybı daha yüksek olmuştur. 200°C sıcaklığında %50 biyokütle külü kullanılan uygulama olan TK<sub>43</sub> uygulamasının azot oranı %2,41 bulunurken, 250°C sıcaklığında %50 biyokütle külü kullanılan uygulama olan TK<sub>54</sub> uygulamasının azot oranı %2,11 olarak belirlenmiştir. Bu uygulama en düşük azot oranının ölçüldüğü uygulama olmuştur. 200 ve 250°C’ de ki uygulamalarda azot oranının düşmesi biyokütle külünün oranının artmasından çok sıcaklığın yüksek olmasından kaynaklanmıştır.

Literatürde azot kaybı ile ilgili çalışmalarda, azotun kaybının havalanma, nem miktarı, pH, gübre yaşı ve sıcaklıkla bağlantılı olarak değiştiği rapor edilmektedir [7,62]. Bununla birlikte yine benzer çalışmalarda yüksek tavuk gübresinin yüksek sıcaklıklarda kurutulmasının azot kaybına neden olduğu bildirilmektedir. Somer ve Olsen (1991) yaptıkları çalışmada yüksek sıcaklıklarda yapılan hızlı kurutma işleminde sıcaklık artışı ve kuruma hızı ile azot kaybı arasında lineer bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir [63].

#### **4.5.2. Biyokütle külü uygulamasının tavuk gübresinin fosfor (P) içeriğine etkileri**

Fosfor bitkisel üretimin en önemli ihtiyaçlarından biridir. Bununla birlikte yüksek üretim potansiyeline sahip alanlarda, yetiştirilen bitki ile birlikte topraktan önemli miktarda fosfor alınmaktadır. Her ne kadar hayvansal gübreler yüksek oranda fosfor içerseler de üretim hızı dikkate alındığında bu gübrelerin tek başlarına topraktan alınan fosforu karşılamada yeterli olmayacağı söylenebilir. Bu durum hayvansal kökenli gübrelerin fosforca zengin materyallerle desteklenmesi ile çözülebilir.

Bununla birlikte yüksek fosfor içeren organik kökenli veya kimyasal gübrelerin kullanımı önemli çevre problemleri oluşturabilir. Su kaynaklarında mikroorganizmaların aşırı hızlı artması olarak bilinen ötrofikasyonun temel nedenlerinden biri yayılı veya noktasal kaynaklardan gelen fosfor içeriğidir. Bundan dolayıdır ki özellikle yaz aylarında ve güçlü yağışların olduğu bahar aylarında fosfor uygulamalarının su kaynaklarını kirletme riski yüksektir.



Şekil 4.4. Farklı oran ve sıcaklıklardaki biyokütle külünün tavuk gübresinin fosfor (P) oranına etkisi

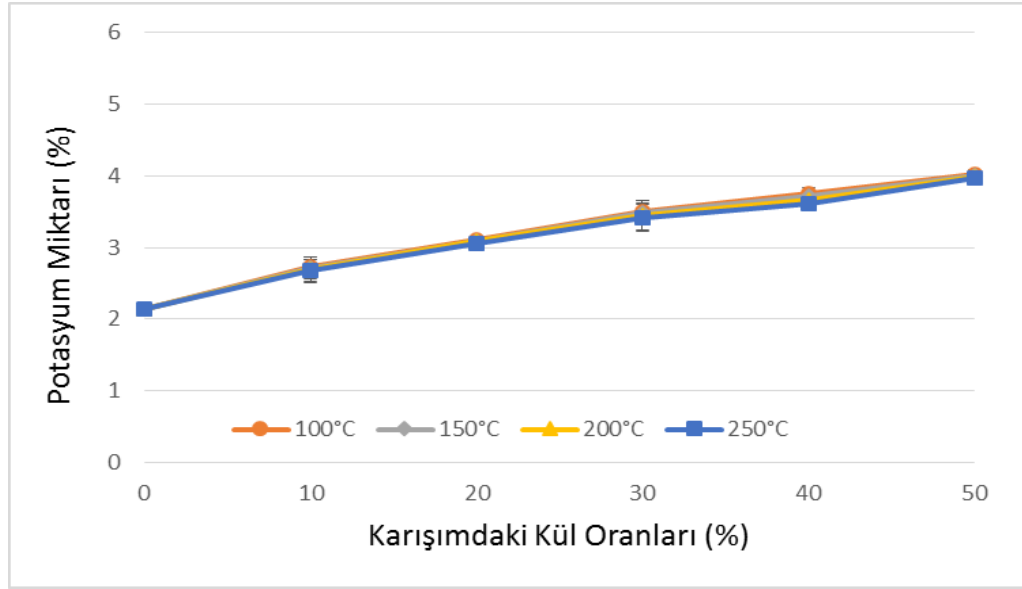
Çalışmada kullanılan biyokütle külünün tavuk gübresinin fosfor (P) içeriğine etkileri şekil 4.4.'de sunulmuştur. Sonuçlar incelendiğinde kül sıcaklığının fosfor etkisi üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı söylenebilir. Bununla birlikte saf tavuk gübresinin fosfor oranı (2,32 % KM) biyokütle külünden (1,46 %KM) fazladır. Bundan dolayı karışımlarda kullanılan kül oranı arttıkça tavuk gübresinin fosfor içeriği azalmıştır. Çalışmada ki uygulamalar arasında en düşük fosfor değeri 1,79 5 KM ile, 250°C'lik %50 biyokütle külü kullanılan uygulama olan TK<sub>54</sub> uygulamasında görülmüştür.

#### 4.5.3. Biyokütle külü uygulamasının tavuk gübresinin potasyum (K) içeriğine etkileri

Tarımsal üretimde uygun bitki büyümesini sağlamak ve verimi artırmak için ihtiyaç duyulan önemli bitki besin elementlerinden birisi de potasyumdur. Hayvansal kökenli gübrelerin potasyum içerikleri düşük olduğundan, toprağın potasyum içeriğinin zenginleştirilmesi amacıyla genellikle kimyasal gübreler kullanılır.

Bununla birlikte biyokütle külü en önemli potasyum kaynaklarından birisidir. Yüksek potasyum içeriğinden dolayı, biyokütle küllerinin gerek saf gerekse hayvan gübreleri gibi organik kökenli gübrelerle karışım halinde kullanılması, bitkisel

üretim ihtiyacı duyduğu potasyumu karşılayan kimyasal gübrelere olan ihtiyacı azaltabilir.



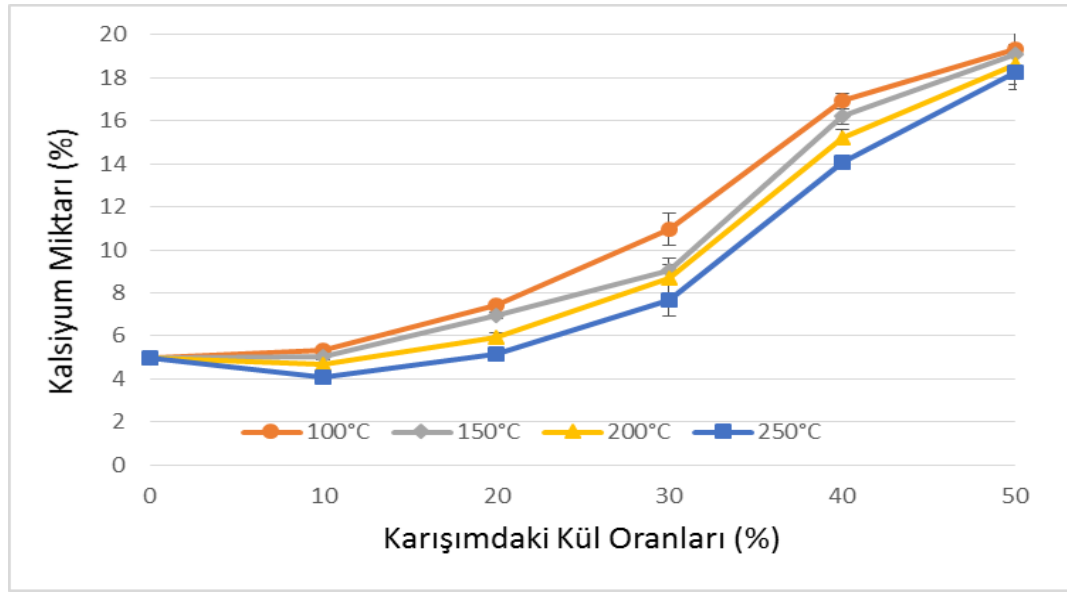
Şekil 4.5. Farklı oran ve sıcaklıklardaki biyokütle külünün tavuk gübresinin potasyum (K) oranına etkisi

Farklı oranlardaki biyokütle külünün tavuk gübresinin potasyum (K) miktarına etkileri şekil 4.5.'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan biyokütle külünün potasyum oranı 5,83 % KM olarak belirlenmiştir. Bu değer tavuk gübresinin (2,14 % KM) potasyum içeriğinin iki katından fazladır. Bundan dolayıdır ki karışımların içerisindeki biyokütle külü miktarı oranı arttıkça karışımların potasyum içeriği de artmıştır. En yüksek potasyum içeriği 250°C sıcaklıkta %50 biyokütle külü kullanılan uygulama olan TK<sub>14</sub> uygulamasında elde edilmiştir. Bununla birlikte şekil 4.5.'deki tüm sonuçlar toplu olarak değerlendirildiğinde, biyokütle külünün farklı sıcaklıklarda kullanılması, karışımların potasyum içeriği üzerinde önemli bir etki yapmadığı söylenebilir.

#### 4.5.4. Biyokütle külü uygulamasının tavuk gübresinin kalsiyum (Ca) içeriğine etkileri

Biyokütle külünün değişik oran ve sıcaklıklarda ilavesinin tavuk gübresinin kalsiyum içeriğine etkileri şekil 4.6'da verilmiştir. Kalsiyum biyokütle külünde en fazla bulunan elementlerden biridir. Bu çalışmada kullanılan biyokütle külünün kalsiyum

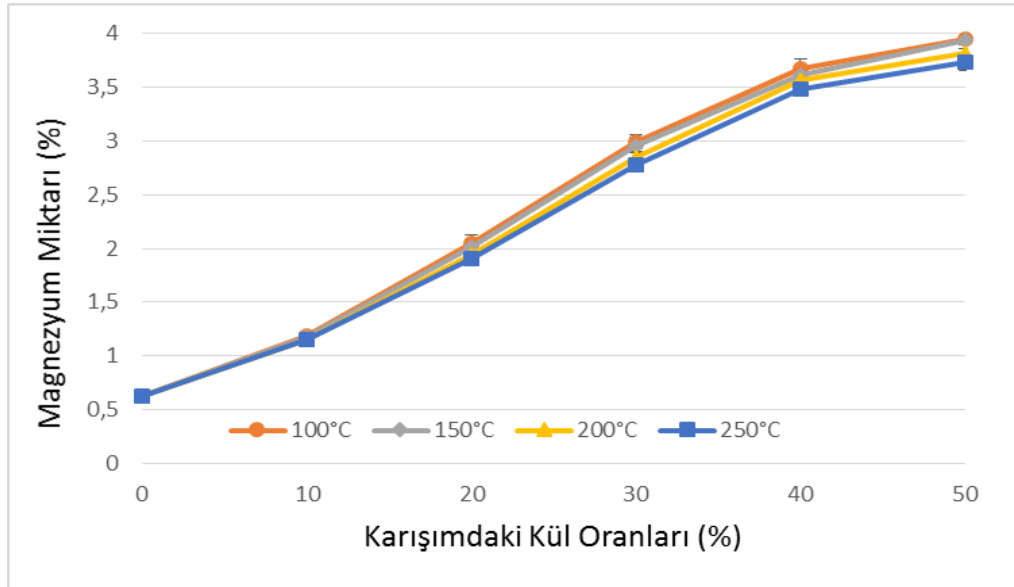
oranı 32,82 % KM olarak bulunmuştur. Saf tavuk gübresindeki kalsiyum miktarı ise 4,96 %KM dir ve biyokütle külüne göre oldukça düşük bir değerdedir. Kullanılan biyokütle külünün yüksek kalsiyum içeriği karışımlardaki kül oranı yükseldikçe, karışımların kalsiyum miktarının da artmasına neden olmuştur (şekil 4.6.). Farklı sıcaklık uygulamalarının kalsiyum içeriğine etkisi gözlenmemiştir. Uygulamalar arasında en yüksek kalsiyum oranı 19,34 %KM ile TK<sub>51</sub> uygulamasında tespit edilmiştir.



Şekil 4.6. Farklı oran ve sıcaklıklardaki biyokütle külünün tavuk gübresinin kalsiyum (Ca) oranına etkisi

#### 4.5.5. Biyokütle külü uygulamasının tavuk gübresinin magnezyum (Mg) içeriğine etkileri

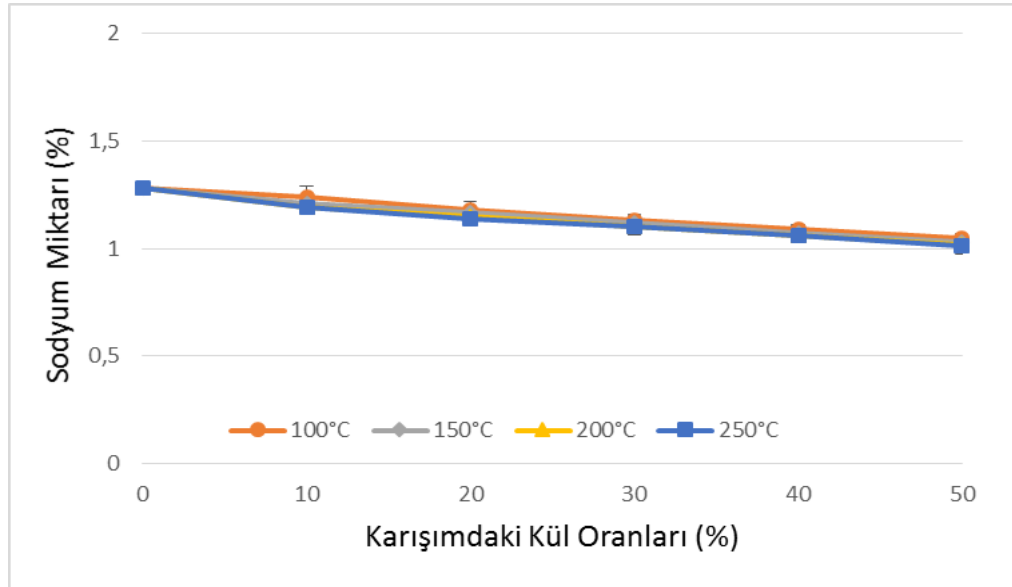
Tavuk gübresinin içerisindeki magnezyum oranı 0,62 % KM, biyokütle külünün ise 3,34 % KM dir. Saf tavuk gübresi ve biyokütle külünün magnezyum içeriğindeki bu yüksek farktan dolayı, karışımların içerisindeki biyokütle külü oranı arttıkça karışımların magnezyum içeriği de artmıştır (şekil 4.7.). Tüm sıcaklık uygulamalarında elde edilen magnezyum değerleri birbirine çok yakın bulunmuş, bu durum biyokütle külünün farklı sıcaklıklarda kullanılmasının, magnezyum içeriğine etkisinin olmadığını göstermiştir. Uygulamalar arasında en yüksek magnezyum değeri 3,95 % KM ile TK<sub>51</sub> uygulamasında bulunmuştur.



Şekil 4.7. Farklı oran ve sıcaklıklardaki biyokütle külünün tavuk gübresinin magnezyum(Mg) oranına etkisi

#### 4.5.6. Biyokütle külü uygulamasının tavuk gübresinin sodyum (Na) içeriğine etkileri

Çalışmada kullanılan farklı oran ve sıcaklıklardaki biyokütle külünün tavuk gübresinin sodyum içeriğine etkilerini gösteren sonuçlar, şekil 4.7.'de sunulmuştur. Şekil 4.7. incelendiğinde, karışımlardaki biyokütle külü oranı arttıkça sodyum değerlerinin düştüğü görülebilir. Bu duruma saf tavuk gübresinin sodyum oranının (1,28 % KM) biyokütle külünün sodyum oranından (0,96 % KM) daha yüksek olması ve karışımlarda biyokütle külü oranı arttıkça meydana gelen seyrelme neden olmuştur. Bununla birlikte biyokütle külünün farklı sıcaklıklarda kullanılmasının karışımların sodyum içeriğine önemli bir etkisi görülmemiştir. Uygulamalar arasında en düşük sodyum değeri 1,01 % KM ile TK<sub>54</sub> uygulamasında bulunmuştur.



Şekil 4.8. Farklı oran ve sıcaklıklardaki biyokütle külünün tavuk gübresinin sodyum (Na) oranına etkisi

#### 4.5.7. Biyokütle külü uygulamasının tavuk gübresinin organik madde, toplam organik karboniçeriğine ve C/N oranına etkileri

Çalışmada kullanılan farklı sıcaklıklardaki biyokütle külünün karışımların organik madde, toplam organik karbon ve C/N oranı üzerine etkilerini gösteren değerler tablo 4.7.'de sunulmuştur. Karışımlarda biyokütle külü oranı ve sıcaklık değeri arttıkça organik madde ve toplam organik karbon miktarları azalmıştır. En yüksek organik madde (%74,46) ve toplam organik karbon içeriği (%32,84) 100 °C'de %10 biyokütle kullanılan uygulamada görülmüş, en düşük organik madde (%33,68) ve toplam organik karbon (%17,07) değerleri ise, en yüksek sıcaklık ve kül oranına sahip uygulama olan 250°C'de %50 biyokütle külü kullanılan uygulamada belirlenmiştir. Kül oranı aynı olan uygulamalarda sıcaklık artışı ile toplam organik madde ve organik karbon değerleri azalmıştır. Karışımlardaki sıcaklık ve kül oranının artması azot ve organik karbonun azalmasına neden olduğundan bu durum C/N oranını etkilemiştir. Bununla birlikte 100 ve 150°C'deki uygulamalarda C/N oranı azalırken, 200 ve 250°C'deki uygulamalarda C/N oranı yükselmiştir. Bu durum sıcaklık artışı ile karışımlardaki azotun karbondan daha fazla azalmasından kaynaklanmıştır.

Tablo 4.7. Farklı oran ve sıcaklıklardaki biyokütle külü ve tavuk gübresi karışımlarının OM, TOC, C/N, pH, EC ve Çİ değerleri

Uygulamalar	Organik Madde (%)	Organik Karbon (%)	C/N	pH	EC (dS/m)	Çİ
TK <sub>11</sub>	74,46±1,44	32,84±4,26	6,81±0,04	8,2±0,2	7,41±0,02	102±3,7
TK <sub>12</sub>	73,92±2,63	32,16±3,16	7,16±0,04	8,2±0,3	7,68±0,03	103±7,3
TK <sub>13</sub>	71,03±3,47	30,61±3,85	7,13±0,02	8,2±0,1	7,82±0,03	107±2,1
TK <sub>14</sub>	70,27±2,27	29,67±3,44	7,68±0,03	8,2±0,4	7,93±0,05	108±5,2
TK <sub>21</sub>	68,82±4,26	30,12±3,11	7,25±0,05	8,4±0,3	8,25±0,01	106±6,4
TK <sub>22</sub>	65,94±4,28	28,76±3,62	7,06±0,03	8,4±0,3	8,87±0,04	107±4,1
TK <sub>23</sub>	64,46±3,50	26,46±2,60	7,03±0,02	8,3±0,2	8,99±0,02	110±1,7
TK <sub>24</sub>	63,69±4,36	25,94±3,75	8,26±0,08	8,3±0,3	9,11±0,04	116±1,1
TK <sub>31</sub>	59,14±3,18	27,54±4,11	7,11±0,04	8,7±0,3	8,96±0,01	118±8,7
TK <sub>32</sub>	58,31±3,91	27,09±2,97	7,26±0,03	8,6±0,3	9,26±0,04	121±2,8
TK <sub>33</sub>	56,75±8,02	24,32±3,07	7,28±0,21	8,6±0,4	9,43±0,02	124±0,5
TK <sub>34</sub>	54,12±3,36	23,77±4,50	8,70±0,02	8,5±0,2	9,86±0,08	129±3,7
TK <sub>41</sub>	47,39±4,79	25,39±4,15	6,89±0,01	9,0±0,3	9,68±0,01	125±0,1
TK <sub>42</sub>	46,98±4,39	24,92±5,74	6,90±0,01	8,9±0,4	9,93±0,01	133±4,3
TK <sub>43</sub>	46,09±3,31	21,68±3,02	7,88±0,06	8,9±0,3	10,19±0,03	139±2,3
TK <sub>44</sub>	44,92±5,69	20,10±2,01	8,20±0,52	8,8±0,2	10,29±0,01	146±2,3
TK <sub>51</sub>	38,15±3,25	21,53±2,78	6,11±0,04	9,3±0,2	10,48±0,01	138±3,7
TK <sub>52</sub>	37,09±4,87	19,80±3,28	5,68±0,05	9,3±0,3	10,42±0,02	142±1,1
TK <sub>53</sub>	35,52±4,51	17,83±3,25	7,39±0,07	9,1±0,3	10,86±0,03	151±4,5
TK <sub>54</sub>	33,68±5,05	17,07±1,28	8,09±0,08	9,1±0,2	10,92±0,01	158±4,1
ANOVA	***	***	***	***	***	***

\*\*\*, p<0.001 düzeyinde önemlidir.

#### 4.5.8. Biyokütle külü uygulamasının tavuk gübresinin pH, elektriksel iletkenli (EC) ve çimlenme indeksine (Çİ) etkileri

Saf broiler tavuk gübresinin pH değeri 8,1 elektriksel iletkenlik değeri ise 6,76 dS/m olarak belirlenmiştir. Biyokütle külünün pH (12,14) ve EC (14,28 dS/m) değerleri tavuk gübresinden yüksektir. Tavuk gübresi ve biyokütle külünün pH ve elektriksel iletkenlik değerleri arasındaki bu farktan dolayı, uygulamalarda kullanılan biyokütle külü oranının artması, karışımların pH ve EC değerlerini yükseltmiştir. Uygulamalar arasında en yüksek pH ve elektriksel iletkenlik değerleri sırasıyla 9,3 ve 10,92 dS/m bulunmuştur (tablo 4.7.). Biyokütle külündeki sıcaklık artışı pH değerlerini

azaltırken, elektriksel iletkenlik değerlerini yükseltmiştir. Bununla birlikte literatürdeki konuyla ilgili çalışmalarda pH'ın azot kaybı açısından önemli bir parametre olduğu ve pH daki hızlı artışın azot kaybını hızlandırdığı belirtilmektedir. Örneğin bazı çalışmalarda pH 7 den hızlı bir biçimde 8'e çıktığında azot kaybının arttığı rapor edilmektedir [62,64].

Bunun yanında sıcak biyokütle külü ilavesi tavuk gübresinin çimlenme indeksini yükseltmiştir. Saf tavuk gübresinde 92 olan çimlenme indeksi, kullanılan biyokütle külü oranı ve sıcaklığı arttıkça yükselmiş ve 250°C'de %50 biyokütle külü kullanılan uygulamada 158 ile en yüksek değerine ulaşmıştır. Bitkisel üretimde kullanılacak gübre veya yetiştirme ortamlarının, bitkiler için fitotoksik etki göstermemesi için, çimlenme indeksinin 100 değerinin üstünde olması istenmektedir [35]. Saf tavuk gübresinin 100 değerinin altında olan çimlenme indeksi değeri, biyokütle külünün kullanıldığı tüm uygulamalarda sınır değer olan 100 ün üstünde bulunmuştur.

#### **4.5.9. Biyokütle külü uygulamasının tavuk gübresinin mikro element içeriğine etkileri**

Tavuk gübresi başta olmak üzere organik kökenli tüm gübreler, her ne kadar içeriğinde önemli miktarda bitki besin elementi barındırsa da, özellikle mikro besin elementi içeriği açısından kimyasal gübrelere oranla zayıf kalmaktadır. Kimyasal gübreler ise yüksek bitki besin elementi içeriklerine rağmen toprağın yalnızca kimyasal özelliklerini iyileştirmektedirler. Oysaki organik kökenli gübrelerin bitki besin elementi takviyesi ile zenginleştirilmesi toprağın hem fiziksel hemde kimyasal içeriğini olumlu yönde etkileyecektir. Bu durum organomineral gübrelerin geliştirilmesindeki temel fikirdir.

Bu temel fikirden yola çıkılarak gerçekleştirilen bu çalışmada tavuk gübreleri biyokütle külü ile karıştırılarak bitki besin elementlerince zenginleştirilmeye çalışılmıştır. Tavuk gübresine değişik oranlardaki biyokütle külü ilavesinin, mikro besin elementi içeriği üzerindeki etkileri incelenmiş ve sonuçlar tablo 4.8.'de verilmiştir. Tablo 4.8. incelendiğinde biyokütle külünün, incelenen tüm mikro besin elementlerinde tavuk gübresini zenginleştirdiği görülebilir. Bununla birlikte tavuk



gübresinin mikro besin elementi içeriğindeki en yüksek artışlar, demir (Fe), mangan (Mn) ve çinkoda (Zn) görülmüştür. Demir, mangan ve çinkoda en yüksek değerler, %50 ile en çok biyo kütle külü kullanılan uygulamada görülmüş ve bu değerler demirde 1545,65 mg/kg, manganda 812,61 mg/kg ve çinko da 479,96 olarak belirlenmiştir. İncelenen diğer mikro elementlerden bakır (Cu), nikel (Ni), kurşun (Pb), krom (Cr), kadmiyum (Cd) ve kobaltta (Co) elde edilen en yüksek değerler ise sırası ile 47,99, 21,81, 21,96, 44,49, 1,89 ve 3,12 mg/kg olmuştur. Bununla birlikte elde edilen tüm mikroelement değerleri, Tarımda kullanılan organik, organomineral gübreler ve toprak düzenleyiciler ile mikrobiyal, enzim içerikli ve diğer ürünlerin üretimi, ithalatı ve piyasaya arzına dair yönetmelikte [65] istenen limit değerlerle karşılaştırılmış ve en yüksek biyokütle külü kullanılan uygulama da dahi sonuçların limit değerlerin altında olduğu belirlenmiştir.

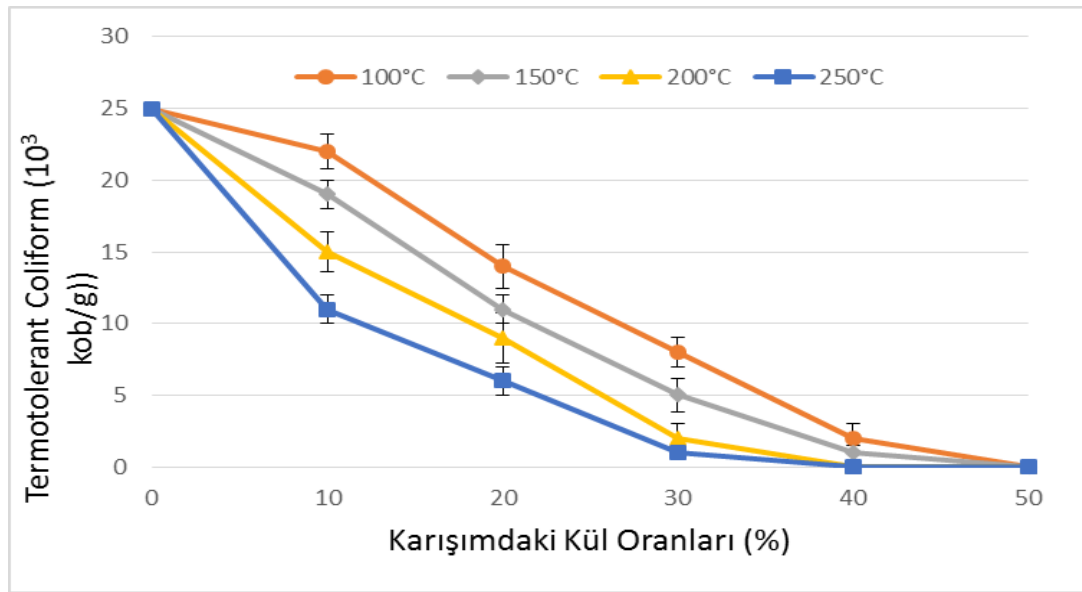
Tablo 4.8. Farklı orandaki biyokütle külü ve tavuk gübresi karışımlarının mikro element içerikleri

Uygulamalar	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Co (mg/kg)
T	361,09 ±2,91	60,34 ±1,13	12,4 ±2,28	10,21 ±2,21	9,58 ±1,40	1,4 ±0,36	752,14 ±7,73	321,14 ±5,62	0,35 ±0,045
K	657,64 ±4,93	45,93 ±2,75	25,34 ±4,19	28,36 ±3,59	47,68 ±3,92	2,18 ±0,27	1843,72 ±9,95	1013,56 ±6,68	4,28 ±0,48
TK <sub>1</sub>	376,78 ±4,64	58,99 ±4,57	13,93 ±3,46	13,33 ±1,93	11,7 ±1,86	1,26 ±0,17	767,46 ±9,12	436,15 ±4,07	0,99 ±0,20
TK <sub>2</sub>	401,24 ±2,41	57,89 ±4,92	15,13 ±1,36	14,53 ±1,74	17,19 ±2,30	1,42 ±0,18	834,27 ±6,85	481,94 ±9,57	1,39 ±0,18
TK <sub>3</sub>	424,35 ±4,28	54,42 ±3,94	16,26 ±2,15	16,38 ±2,92	29,43 ±1,68	1,52 ±0,20	1013,45 ±7,22	572,16 ±17,62	2,57 ±0,22
TK <sub>4</sub>	435,16 ±5,56	50,15 ±2,64	19,2 ±4,01	18,21 ±2,49	38,74 ±2,93	1,6 ±0,27	1262,16 ±13,49	768,14 ±14,83	3,01 ±0,17
TK <sub>5</sub>	479,96 ±6,14	47,99 ±3,33	21,81 ±2,83	21,96 ±1,86	44,49 ±5,35	1,89 ±0,29	1545,63 ±9,55	812,61 ±7,01	3,12 ±0,28
Limit	1100	450	120	150	350	3	-	-	-
ANOVA	***	***	**	***	***	**	***	***	***

\*\*\* ve \*\* sırasıyla p<0.001, 0.01 düzeyinde önemlidir. Limit : [66].

#### 4.5.10. Biyokütle külü uygulamasının tavuk gübresinin patojen mikroorganizma içeriğine etkileri

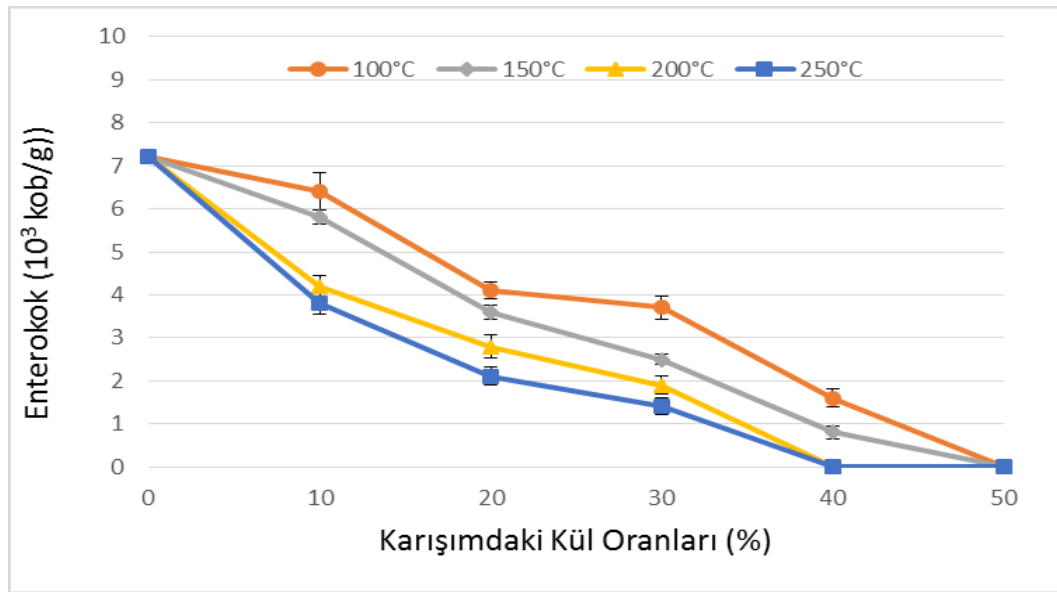
Çalışma kapsamında sıcak biyokütle külünün tavuk gübresindeki patojen mikroorganizmaların giderilmesine olan etkileri incelenmiş ve sonuçlar şekil 4.8. ve şekil 4.9.'da sunulmuştur. Bu inceleme kapsamında hazırlanan tavuk gübresi ve biyokütle külü karışımların içeriğinde patojen mikroorganizmalardan *Termotolerant Coliform*, *Salmonella*, *E.coli* Enterokok aranmıştır. Ham tavuk gübresi ve diğer tüm uygulamalarda *Salmonella* ve *E.coli* ye rastlanmamıştır. Bununla birlikte saf tavuk gübresinde  $25 \times 10^3$  kob/g *Termotolerant Coliform* ve  $7,2 \times 10^3$  kob/g da *Enterokok* tespit edilmiştir. Yüksek sıcaklıklarda yakılmış olan biyokütle külünde mikroorganizma içeriği bulunma olasılığı olmamasına rağmen kül numuneleri kontaminasyon ihtimaline karşı mikrobiyolojik olarak incelenmiş ve patojen mikroorganizmaya rastlanmamıştır.



Şekil 4.8. Farklı oran ve sıcaklıklardaki biyokütle külünün tavuk gübresindeki termotolerant coliform giderimine etkileri

Başlangıçta ham tavuk gübresinde tespit edilen *Termotolerant Coliform* ve *Enterokok* içeriği, tüm sıcaklık değerlerinde %50 biyokütle külü kullanılan uygulamalarda tamamen giderilmiştir. Bununla birlikte 200 ve 250 °C'lik uygulamalarda *Termotolerant Coliform* ve *Enterokok* içeriğinin her ikisinde tamamen giderilmesi

için %40 oranında biyokütle külü kullanılması yeterli olmuştur. Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral Gübreler ve Toprak Düzenleyiciler İle Mikrobiyal, Enzim İçerikli ve Diğer Ürünlerin Üretimi, İthalatı ve Piyasaya Arzına Dair Yönetmeliğine (*E. Coli*: 0, *Salmonella* :<3 EMS/4 gr veya ml, *Toplam Koliiform*:<1,10<sup>5</sup> kob/g veya kob/ml) göre elde edilen sonuçlar incelendiğinde, tüm mikroorganizma türlerinde tavuk gübresi ve sıcak biyokütle külü uygulamalarının limit değerlerin altında olduğu görülmektedir.



Şekil 4.9. Farklı oran ve sıcaklıklardaki biyokütle külünün tavuk gübresindeki enterokok giderimine etkileri

## **BÖLÜM 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Dünyada ve ülkemizde besi tavukçuluğu hızla yaygınlaşmakta ve bir yetiştirme döneminde büyütülen tavuk miktarını arttırmak için çok miktarda yüksek kapasiteli kümes kurulmaktadır. Bu durum yetiştirme dönemi sonunda ortaya çıkan tavuk gübresi miktarını artırmaktadır. Düşük kapasiteli kümeslerden çıkan tavuk gübrelerini belli bir süre bekletip stabil hale getirdikten sonra tarla ve bahçelerde gübre olarak kullanma imkanı vardır. Ancak yüksek kapasiteli kümeslerden sürekli çıkan tavuk gübresininin bu stabilizasyon işlemi ile kullanılabilir hale getirilmesi mümkün değildir.

Bundan dolayıdır ki tavuk üreticileri, uygun bir bertaraf yöntemi bulamadıkları bu gübreleri, ya sahip oldukları veya kiraladıkları boş alanlarda biriktirmekte, ya da kaçak olarak ormanlık alanlara, dere yataklarına veya yol kenarlarına dökmektedirler. Uygulanan kontroller ve cezai işlemler bu durumun engellenmesinde yeterli olmamaktadır. Kontrolsüz ve kaçak olarak doğal çevreye bırakılan tavuk gübreleri özellikle kırsal kesimde büyük çevre kirliliği oluşturmaktadır. Yoğun olarak tavukçuluk yapılan bölgelerde, özellikle havaların ısınması ile koku ve sinek gibi problemler artmakta ve bu durum kırsal kesimde yaşayanlar için katlanılması zor bir hal almaktadır. Bunun yanında çoğu kırsal kesimde bulunan yeraltı ve yer üstü su kaynakları kirlenmekte ve bu durum geniş bir kitlenin sağlığı açısından önemli bir risk oluşturmaktadır.

Tavuk yetiştiriciliği sektöründe faaliyet gösteren iş sahipleri ve çalışanlarla yapılan görüşmelerde, tavuk gübresinin doğal çevre ve insan sağlığı açısında oluşturduğu zararlarının farkında olduklarını ancak bu atıkları bertarafı için uygun bir çözüm yolu bulunmaması nedeniyle mevcut durumun oluştuğunu söylemektedirler. Ayrıca sorunun çözümünde sürdürülebilirliğin sağlanabilmesinin bulunacak yöntemin düşük maliyetli ve kolay uygulanabilir olmasını savunmaktadırlar.

Bunun yanında tarım ürünlerinin hasatı ve işlenmesi sırasında ortaya çıkan organik atıklar, orman endüstrisi atıkları gibi biyokütle kaynaklarının yakılması ile çalışan enerji santralleri, diğer yakıtlarla çalışan santrallere göre kurulum ve işletim kolaylıkları ve az emisyon çıkarmaları nedeniyle hızla yaygınlaşmaktadır. Özellikle diğer tarım ürünlerinin yetiştirilmediği boş arazilerin enerji bitkisi yetiştiriciliğinde kullanılması ile bol ve sürekli yakıt kaynağına sahip olmaya başlayan bu santrallerin hızlı artışı ortaya çok miktarda biyokütle külü çıkmasına neden olmaktadır. Proses gereği yüksek sıcaklıklarda çıkan bu külün önce soğutulması daha sonrada uygun bertarafının sağlanması gerekmektedir. Literatürde ki çalışmalarda, biyokütle külünün yüksek miktarda bitki besin elementi içerdiği belirtilmekte ve kömür külüne göre ağır metal oranlarının düşük olmasından dolayı bitkisel üretimde kullanılabileceği rapor edilmektedir.

Bu çalışmada tavuk gübresi ve biyokütle külüne ekonomik, ekolojik ve sürdürülebilir bir bertaraf yöntemi ortaya koymak amacı ile, tavuk gübresi ve değişik oran ve sıcaklıklarda biyokütle külü ile karıştırılmış ve bu uygulamanın tavuk gübresinin nem miktarının azaltılması, patojen giderimi ve bitki besin elementlerince zenginleştirilmesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

Çalışmada kullanılan ham broiler tavuk gübresinin nem oranı %25,23 dür. Karışımlarda kullanılan kül oranı ve sıcaklığı arttıkça, tavuk gübresinin nem oranında önemli bir azalma gözlenmiştir. En yüksek oran ve sıcaklıktaki (250°C'de %50 biyokütle külü) biyokütle külünün kullanıldığı uygulamada tavuk gübresinin nem oranı %9,82'ye kadar düşürülmüştür. Tavuk gübresindeki nemin koku ve hızlı ayrışmanın temel nedeni olduğu göz önünde bulundurulduğunda, nem miktarındaki bu azalmanın tavuk gübresinin olumsuz özelliklerinin giderilmesinde önemli katkı sağlayacağı açıktır.

Bununla birlikte ham tavuk gübresinin azot oranı oldukça yüksektir (%5,13). Ancak gübre kurutma işleminde uygulanan sıcaklık artışı önemli bir azot kaybı oluşturmuştur. Çalışmada elde edilen en yüksek azot değeri %4,82 ile en düşük kül oranı ve sıcaklığa sahip olan uygulamada (100°C'de %10 biyokütle külü

belirlenmiştir. Uygulamalarda kullanılan külün sıcaklığı arttıkça azot kaybı hızlanmıştır. En az azot kaybı ile en yüksek kuru madde miktarına ulaşabilmek için gerekli optimum kurutma sıcaklığı ve karışım oranının 150°C’de %50 biyokütle külü olduğu söylenebilir.

Ayrıca tavuk gübresi biyokütle külü ilavesi ile makro ve mikro bitki besin elementleri açısından önemli ölçüde zenginleşmiştir. Biyokütle külü yüksek oranda Ca, K, Fe, Mn ve Zn içermektedir. En yüksek biyokütle külü kullanılan (%50) uygulamada, %19,34 Ca, %4,03 K, 1545,63 mg/kg Fe, 812,61 mg/kg Mn ve 479,96 mg/kg Zn içeriğine ulaşılmıştır. Sıcaklık farklarının azot dışındaki mikro ve makro bitki besin elementi içeriğine önemli bir etkisi olmamıştır. Bu sonuçlar incelendiğinde tavuk gübresinin biyokütle külü ilavesi ile önemli ölçüde zenginleştiği ve tarımsal üretimin ihtiyaç duyduğu bitki besin elementi sağlama potansiyelinin arttığı anlaşılmaktadır.

Biyokütle külü tavuk gübresinin organik maddesini %33,68’e, toplam organik karbon içeriğini de %17,07’ye kadar düşürmüştür. Her iki parametrede de en düşük değerler en yüksek sıcaklık (250°C) ve en yüksek karışım oranına (%50 biyokütle külü) sahip uygulamada bulunmuştur. 100 ve 150°C’deki küllerin kullanıldığı uygulama ile 200 ve 250°C’deki küllerin kullanıldığı uygulamalarda sonuçlar belirgin ölçüde farklılaşmıştır. Bu durum organik madde ve toplam organik Karbondaki düşüşün yalnızca karışım oranından değil, kül sıcaklığından da etkilendiğini göstermektedir.

Biyokütle külünün pH ve elektriksel iletkenlik (EC) değerleri tavuk gübresine göre yüksektir. Bu durum karışımlarda kullanılan biyokütle külünün artması ile karışımların pH ve EC değerlerinin yükselmesine neden olmuştur. En yüksek pH değeri 9,3 ile 100°C’deki %50 biyokütle kullanılan uygulamada, en yüksek EC değeri ise 10.92 dS/cm ile 250°C’deki %50 biyokütle kullanılan uygulamada belirlenmiştir.

Bununla birlikte sıcak biyokütle külü uygulaması tavuk gübresinden patojen mikroorganizmaların giderilmesi ve fitoksisitenin azaltılmasında da önemli ölçüde

faydalı olmuştur. En sıcak biyokütle külünün kullanıldığı uygulamada, araştırılan patojen mikroorganizmalarda hiçbirinin (*Termotolerant Coliform*, *Salmonella*, *E.coli* *Enterokok*) karışımında kalmadığı belirlenmiştir. Ayrıca ham tavuk gübresinin başlangıç çimlenme indeksi değeri 92 iken, 250°C'deki %50 biyokütle kullanılan uygulamada bu değer 150 ye yükselmiştir. Çimlenme indeksi değerinin artması fitotoksitenin azaldığını göstermektedir.

Elde edilen tüm sonuçlar, çalışmada ulaşılmak istenen hedefler doğrultusunda incelendiğinde, yürütülen çalışmanın genel sonuçları aşağıdaki gibi özetlenebilir;

1. Tavuk gübreleri ve biyokütle külü için çevreci yaklaşıma uygun ve sürdürülebilir bir bertaraf modeli geliştirilmiştir.
2. Tavukçuluk sektörünün ortaya çıkan gübreleri için alternatif bir değerlendirme yöntemi önerildiğinden, bu gübrelerin doğal çevre ve insan sağlığına olan etkilerinin azaltılmasına katkı sağlanmıştır
3. Tavuk gübresinin olumsuz özellikleri azaltılırken, bitki besin elementi içeriği zenginleştirildiğinde, bu gübrelerden katma değeri yüksek bir ürün elde edilmesinin önü açılmıştır.
4. Tarımsal üretimin en önemli ihtiyacı olan gübreleme ihtiyacına ekonomik bir çözüm getirilerek, kimyasal gübre kullanımının ve tarımsal üretim maliyetlerinin azaltılması için bir öneri sunulmuştur.

Bununla birlikte bu çalışmanın, tavuk gübresi ve biyokütle külü ile ilgili yapılacak çalışmalara temel oluşturacağı düşünülmektedir. Konuyla ilgili ileride yapılacak çalışmalarda, özellikle tavuk gübresinin azot oranının korunması amacı ile sıcak biyokütle külünün azotun çeşitli formları üzerindeki etkilerinin daha geniş kapsamlı bir çalışma ile araştırılması önerilmekte ve bu araştırmanın konunun tüm boyutları ile açıklanmasında faydalı olacağı düşünülmektedir.



## KAYNAKLAR

- [1] Shan, L., He, Y., Chen, J., Huang, Q., Wang, H., 2015 “Ammonia volatilization a Chinese cabbage field under different nitrogen treatments in the Taihu Lake Basin, China” *Journal of Environmental Sciences*, 38, 14-23.
- [2] Haynes, R.J., Naidu, R., 1998 “Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review” *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 51: 123–137.
- [3] Liu, E., Changrong Yan, C., Mei, X., He, W., Bing, S.H., Ding, L., Liu, Q., Liu, S., Fan, T., 2010 “Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China”, *Geoderma* 158, 173–180.
- [4] Kominko, H., Gorazda, K., Wzorek, Z., 2016 “The Possibility of Organo-Mineral Fertilizer Production from Sewage Sludge” *Waste Biomass Valor*, DOI:10.1007/s12649-016-9805-9.
- [5] Florio, A., Felici, B., Miglione, M., Dell’Abate, M.T., Benedetti, A., 2015 “Nitrogen losses, uptake and abundance of ammonia oxidizers in soil under mineral and organo-mineral fertilization regimes, *J Sci Food Agric*, DOI:10.1002/jsfa.7364.
- [6] Preusch, P.L., Adler, P.R., Sikora, L.J. & Tworkoski, T.J. 2002 “Nitrogen and phosphorus availability in composted and uncomposted poultry litter. *Journal of Environmental Quality*” 31, 2051–2057.
- [7] Tiquia, S.M., Tam, N.F.Y., 2000 “Fate of nitrogen during composting of chicken litter” *Environmental Pollution* 110, 535-541.
- [8] Sommer, S.G., 2001 “Effect of composting on nutrient loss and nitrogen availability of cattle deep litter” *European Journal of Agronomy* 14, 123–133.
- [9] Bueno, P., Tapias, R., Lopez, F., Diaz, M.J., 2008 “Optimizing composting parameters for nitrogen conservation in compost” *Bioresource Technology* 99, 5069-5077.
- [10] Ogunwande, G.A., Osunade, J.A., Adekalu, K.O., Ogunjimi, L.A.O., 2008 “Nitrogen loss in chicken litter compost as affected by carbon to nitrogen ratio and turning frequency” *Bioresource Technology* 99, 7495-7503.

- [11] Erisman, J.W., Bleeker, A., Galloway, J., Sutton, M.S., 2007 "Reduced nitrogen in ecology and the environment" *Environmental Pollution* 150, 140-149.
- [12] Oenema, O., Witzke, H.P., Klimont, Z., Lesschen, J.P., Velthof, G.L., 2009 "Integrated assessment of promising measures to decrease nitrogen losses from agriculture in EU-27" *Agriculture, Ecosystems and Environment* 133, 280–288.
- [13] Sims, J.T., Wolf, D.C., 1994 "Poultry Waste Management: Agricultural and Environmental Issues" *Advances in Agronomy*, 52, 1-83.
- [14] Wood, C. W., and B. M. Hall. 1991 "Impact of drying method on broiler litter analyses." *Communications in Soil Science & Plant Analysis* 22.15-16, 1677-1688.
- [15] Lopez-Mosquera, M.E, Cabaleiro F, Sainz, M.J., Lopez-Fabal, A., Carral, E., 2008. Fertilizing value of broiler litter: Effects of drying and pelletizing. *Bioresource Technology*. 99, 5626-5633.
- [16] Vassilev, S.V., Baxter, D., Andersen, L.K., Vassileva, C.G., 2010 "An overview of the chemical composition of biomass" *Fuel* 89, 913–933.
- [17] Baxter, X.C., Darvell, L.I., Jones, J.M., Barraclough, T., Yates, N.E., Shield, I., 2014 "Miscanthus combustion properties and variations with Miscanthus agronomy" *Fuel* 117, 851–869.
- [18] Khan, M.R., Khan, m.w., 1996 "The effect of fly ash on plant growth and yield of tomato" *Environmental Pollution*, 92(2), 106-111.
- [19] Mehmet Ali Yetgin, "Organik Gübreler ve Önemi." Samsun Valiliği, İl Tarım Müdürlüğü, 2010.
- [20] Taban, Süleyman, Murat Ali Turan, and A. Vahap Katkat. "Tarımda Organik Madde ve Tavuk Gübresi." Available under <http://arastirma.tarim.gov.tr/tavukculuk/Belgeler/web%20English%20Doc/journal%202010>.
- [21] Eleroğlu, Hasan ve Arda YILDIRIM. "Yeni Bir Teknoloji ile Kurutulan Tavuk Dışkısının Mikrobiyolojik ve Kimyasal Yapısının Belirlenmesi."
- [22] Dede, O. H., G. Dede, and S. Ozdemir. "Agricultural and municipal wastes as container media component for ornamental nurseries." 2010.
- [23] G.Sahin. "Problemler, Gübreleme Konusunda Yaşanan. " *Tarım Ekonomisi Dergisi*. 2016.

- [24] Ghaly, A. E., and M. Alhattab. "Drying poultry manure for pollution potential reduction and production of organic fertilizer." *American Journal of Environmental Sciences* 9.2 2013: 88.
- [25] Dias, Bruno O., et al. "Use of biochar as bulking agent for the composting of poultry manure: effect on organic matter degradation and humification." *Bioresource technology* 101.4 2010: 1239-1246.
- [26] Moore, Philip A. "Development of a new manure amendment for reducing ammonia volatilization and phosphorus runoff from poultry litter." *Journal of environmental quality* 45.4 2016: 1421-1429.
- [27] Kirchmann, H., and E. Witter. 1989 "Ammonia volatilization during aerobic and anaerobic manure decomposition." *Plant and Soil* 115.1, 35-41.
- [28] Sánchez-Monedero, M. A., et al. 2001 "Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures." *Bioresource technology*, 78.3, 301-308.
- [29] Mazeika, Romas, Gediminas Staugaitis, and Jonas Baltrusaitis. 2016 "Engineered pelletized organo-mineral fertilizers (OMF) from poultry manure, diammonium phosphate and potassium chloride." *ACS Sustainable Chemistry & Engineering* 4.4, 2279-2285.
- [30] Deeks, Lynda K., et al. 2013 "A new sludge-derived organo-mineral fertilizer gives similar crop yields as conventional fertilizers." *Agronomy for sustainable development* 33.3, 539-549.
- [31] Antille, Diogenes L., et al. "Characterisation of organomineral fertilisers derived from nutrient-enriched biosolids granules." *Applied and Environmental Soil Science* 2013.
- [32] Belyaeva, O. N., and R. J. Haynes. "Comparison of the effects of conventional organic amendments and biochar on the chemical, physical and microbial properties of coal fly ash as a plant growth medium." *Environmental Earth Sciences* 66.7, 1987-1997, 2012.
- [33] Obernberger, Ingwald, et al. "Concentrations of inorganic elements in biomass fuels and recovery in the different ash fractions." *Biomass and bioenergy* 12.3, 211-224, 1997.
- [34] Narodslawsky, M., and I. Obernberger. "From waste to raw material—the route from biomass to wood ash for cadmium and other heavy metals." *Journal of Hazardous Materials* 50.2-3, 157-168, 1996.
- [35] Lau, S. S. S., and J. W. C. Wong. "Toxicity Evaluation of Weathered Coal Fly Ash—Amended Manure Compost." *Water, Air, & Soil Pollution* 128.3, 243-254, 2001.

- [36] Tromak Enerji, Web:www.tromakenergy.com Erişim Tarihi: 16.02.2017.
- [37] [http://www.volund.dk/News/2014/01/Newsletter/Mining\\_\\_remining\\_AFATE\\_K](http://www.volund.dk/News/2014/01/Newsletter/Mining__remining_AFATE_K) Erişim Tarihi: 14.02.2017.
- [38] Alvarez, René, and Gunnar Lidén. "Low temperature anaerobic digestion of mixtures of llama, cow and sheep manure for improved methane production." *Biomass and bioenergy* 33.3, 527-533, 2009.
- [39] Ozdemir, Saim, Omer H. Dede, and Gulgun Koseoglu. "Recycling of MSW compost and sewage sludge as growing substrate for ornamental potted plants." *Fresenius Environmental Bulletin* 13.1, 30-33, 2004.
- [40] Benito M., Masaguer A., Moliner A., De Antonior., Chemical and Physical Properties of Prunig Wsate Compost and Their Seasonal Variability, *Bioresource Technology*, 97, pp. 2071-2076, 2006.
- [41] Abad M., Noguera P., Puchades R., Maqueira A., Noguera V., Physico-Chemical and Chemical Properties of Some Coconut Coir Dusts for Use as a Peat Substitute for Containerised Ornamental Plants, *Bioresource Technology*, 82, pp. 241-245, 2003.
- [42] Dede, Omer H., and Saim Ozdemir. "Comparison of composted biosolid substrate for containerized turfgrass production." *Environmental technology* 36.13, 1651-1656, 2015.
- [43] Determination of Nutrients, Determination of Kjeldahl nitrogen – Determination of Kjeldahl nitrogen, nitrate and nitrite included, EN 0000:2003 Horizontal-16.
- [44] Craft, C. B., Seneca, E. D., Broome, S. W., Loss on Ignition and Kjeldahl Digestion for Estimating Organic Carbon and Total Nitrogen in Estuarine Marsh Soils: Calibration with Dry Combustion', *Estuaries*, 14, No. 2, p. 75–179, 1991.
- [45] Ryan, J., Estefan, G., Rashid, A., Soil and Plant Analysis Laboratory Manual. Second Edition. Jointly published by the International Center for Agricultural Research in the Dry Areas ICARDA and the National Agricultural Research Center NARC. Available from ICARDA, Aleppo, Syria. 172, 2001.
- [46] Schulte, E. E., Chapter 8, 'Recommended Soil Organic Matter Tests', University of Delaware Cooperative Extension, College of Agriculture & Natural Resources.
- [47] Recommended Chemical Soil Test Procedures for the North Central Region, North Central Regional Research Publication No. 221 (revised) Missouri Agricultural Experiment Station SB 1001.

- [48] Eliche-Quesada, D., and J. Leite-Costa. "Use of bottom ash from olive pomace combustion in the production of eco-friendly fired clay bricks." *Waste Management* 48, 323-333, 2016.
- [49] Zucconi, Franco, et al. "Evaluating toxicity of immature compost." *BioCycle USA*, 1981.
- [50] ISO 9308-1, 2014. *Water quality - Detection and Enumeration of Escherichia Coli and Coliform Bacteria. Part- 1: Membran Filtration Method.*
- [51] ISO 16649-2, 2001. *Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs- Horizontal Method for the Enumeration of Beta-Glucuronidase-Positive E. coli. Part 2: Colony-Count Technique at 44 Degrees C Using 5-Bromo-4-Chloro-3-Indolyl Beta-D-Glucuronide.*
- [52] Beegle, D. "Estimating manure application rates." *Agron. Facts* 55.8, 1997.
- [53] Brown, J.E., Gilliam, C.H., Shumack, R.L., Porch, D.W., 1993. Commercial snap bean response to fertilization with broiler litter. *HortScience* 28 (1), 29–31.
- [54] Cummins, C. G., C. W. Wood, and D. P. Delaney. "Co-composted poultry mortalities and poultry litter: composition and potential value as a fertilizer." *Journal of Sustainable Agriculture* 4.1, 7-19, 1994.
- [55] Edwards, J. H., et al. "Issues affecting application of noncomposted organic waste to agricultural land." *Agricultural utilization of urban and industrial by-products agriculturaluti*, 225-249, 1995.
- [56] Ekinci, K., Keener, H.M., Elwell, D.L., 2000. Composting short paper fiber with broiler litter and additives. Part I: Effects of initial pH and carbon/nitrogen ratio on ammonia emission. *Compost. Sci. Util.* 8 (2), 160–172.
- [57] Flynn, P.R., Wood, C.W., 1996. Temperature and chemical changes during composting of broiler litter. *Compost. Sci. Util.* 4 (3), 62–70.
- [58] Fulhage, C.D., Pfoest, D.L., 1994. Spreading poultry litter with lab analysis but without soil tests, vol. 15. *Water Quality Initiative Publication WQ221*, p. 10.
- [59] Chen, C., Zhang, P., Zeng, G., Deng, J., Zhou, Y., Liu, H., 2010 "Sewage sludge conditioning with coal fly ash modified by sulfuric acid", *Chemical Engineering Journal* 158, 616–622.
- [60] Soyergin, S. "Organik Tarımda Toprak Verimliliğinin Korunması." *Gübreler ve Organik Toprak İyileştiricileri. Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü* s 9, 2003.

- [61] Chadwick, David, et al. "Improving manure nutrient management towards sustainable agricultural intensification in China." *Agriculture, Ecosystems & Environment* 209, 34-46, 2015.
- [62] Choi, I. H., and P. A. Moore. "Effect of various litter amendments on ammonia volatilization and nitrogen content of poultry litter." *The Journal of Applied Poultry Research* 17.4, 454-462, 2008.
- [63] Sommer, S. G. and J. E. Olesen. 1991. "Effects of dry matter content and temperature on ammonia loss from surface-applied cattle slurry". *J. Environ. Qual.* 20:679-683.
- [64] Carr, L. E., F. W. Wheaton, and L. W. Douglass. "Empirical models to determine ammonia concentrations from broiler chicken litter." *Transactions of the ASAE* 33.4, 1337-1342, 1990.
- [65] Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral Gübreler ve Toprak Düzenleyiciler İle Mikrobiyal, Enzim İçerikli ve Diğer Ürünlerin Üretimi, İthalatı ve Piyasaya Arzına Dair Yönetmelik (Resmi Gazete, 04.06.2010, Sayı:27601), İkinci Bölüm – Genel Esaslar –Sağlık parametreleri, Madde 5– (1) Çevre, insan ve hayvan sağlığını korumak amacı ile bu Yönetmelikte ifade edilen ürünlerdeki ağır metal oranları mg/kg (ppm) cinsinden değerleri.
- [66] Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral Gübreler ve Toprak Düzenleyiciler İle Mikrobiyal, Enzim İçerikli ve Diğer Ürünlerin Üretimi, İthalatı ve Piyasaya Arzına Dair Yönetmelik (Resmi Gazete, 04.06.2010, Sayı:27601), İkinci Bölüm – Genel Esaslar –Sağlık parametreleri, Madde 6– (1) Hayvansal orijinli (hayvanların altlıklı veya altlıksız dışkıları hariç) hammaddeler kullanılarak elde edilen organik gübrelerdeki zararlı mikroorganizma seviyeleri limit değerleri.

## **ÖZGEÇMİŞ**

Hasan ÖZER, 05.07.1990 tarihinde İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. 2008 yılında Kadıköy Gözcübaba Lisesinden mezun oldu. 2009 yılında Sakarya Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümüne girdi ve 2014 yılında mezun oldu. 2014 yılında Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı. 2015 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladı. Halen Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır.