

BİYOĞAZ ÜRETİMİ VE YAKIT KALİTESİNİN YÜKSELTİLMESİ

¹**Bahtiyar ÖZTÜRK** ²**Emin OKUMUŞ**

1. Ondokuz Mayıs Üniv. Müh. Fak. Çevre Müh. Böl., 55139 Kurupelit/Samsun

bozturk@omu.edu.tr

2. TÜBİTAK-MAM Enerji Enstitüsü 41470 Gebze/Kocaeli emin.okumus@tubitak-mam.gov.tr

ÖZET

Bu çalışmada hayvan gübresi, peyniraltı suyu ve hayvan kanı kullanılarak biogaz üretimi incelenmiştir. Biogaz üretimi esnasında sisteme beslenen organik maddenin biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) gibi kirlenici parametrelerinin değişimi izlenmiştir. Kurulan 3,6 m³ dolu hacme sahip biogaz tesisinde 33°C'da sığır gübresi ile %62, sığır gübresi-peynir altı suyu ile %64 ve sığır gübresi-kan karışımı ile %59 oranında metan içeren biogazlar üretilmiştir. Tesiste ortalama biogaz üretim verimi 0,7 m³/m³.gün olmuştur. Ölçüm sonuçları göstermiştir ki biogaz üretimi esnasında izlenen kirlenici parametrelerin konsantrasyonları çok fazla düşmemiştir..

Anahtar Kelimeler: biogaz, hayvan gübresi, peynir altı suyu, hayvan kanı

ABSTRACT

In this study, biogas production was investigated using animal dung, cheese whey and animal blood from slaughter-house house. Changing in pollution parameters such as biological oxygen demand (BOD) and chemical oxygen demand (COD) was investigated during biogas production. 62%, 64% and 59% methane comprising biogasses were produced usnig animal dung, animal dung plus cheese whey and animal dung plus animal blood, respectively at 33 °C in a 3.6 m³ reactor. Average biogas production was 0.7 m³/m³.day. Results measured showed that pollution parameters were not reduced during biogas production.

Keywords: biogas, animal dung, cheese whey, animal blood

GİRİŞ

Biogaz teknolojisi hayvan gübresi, çöp ve atık su arıtma tesisi çamuru gibi organik madde içeren atıklardan anaerobik şartlar altında enerji amaçlı biogaz üretimi işlemidir. Organik maddenin cinsine ve üretim şartlarına bağlı olmakla birlikte biogaz genellikle %60-70 metan (CH₄), %30-40 karbon dioksit (CO₂) ve eser miktarlarda azot, sülfür bileşikleri, hidrojen, uçucu organik bileşikler ve amonyak ihtiva eder. Biogazın kaloriferik değeri ise içerdiği metan miktarına bağlı olarak 20-28 MJ/m³ arasında değişmektedir.

Her yıl ülkemizde milyonlarca ton evsel katı atık üretilmekte ve çöp toplama alanlarına boşaltılmaktadır. Yaklaşık %80'i biyolojik olarak parçalanabilir nitelikte [1] olan bu evsel katı atıkları deponi alanlarında biriktirerek onlardan kurtulmaya çalışmaktayız. Yine ülkemizde hayvansal ve bitkisel atıklar çoğunlukla ya doğrudan doğruya yakılmakta ya da tarım topraklarında gübre olarak kullanılmaktadır. Bu şekilde istenilen özellikte ısı

üretilemediği gibi, ısı üretiminden sonra atıkların gübre olarak kullanılması da mümkün olmamaktadır. Kanalizasyon veya akarsuya bırakılan bir diğer organik atık kaynağı da peynir altı suyu (PAS) dır. PAS içerdiği yüksek biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) nedeniyle karıştığı su ortamında çözülmüş oksijenin bakteriler tarafından hızlı bir şekilde tüketilmesine, kötü kokuya ve ötrofikasyona neden olmaktadır. Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE)'nün 2002 yılı verilerine göre ülkemizde bir yılda üretilen süt miktarı 8.408.566 ton dur [2]. Bunun yaklaşık %20'sinin peynire işlendiği kabul edilirse [3], büyük bir bölümünün PAS olarak kaldığı açık bir biçimde görülür. Birçok peynir işletmesi PAS'ı ekonomik olarak değerlendirebilecek veya yeterince artabilecek tesise sahip olmadığından bu suyu alıcı su ortamına deşarj etmekte ve çevre kirliliğine neden olmaktadır.

Depolandıkları veya terk edildikleri ortamlarda çürüyüp yok olmalarını beklediğimiz organik maddeler biogaz üretmek amacıyla etkin bir biçimde yönetilerek enerji kaynağı olarak kullanabilmenin yanında çevrenin kirlenmesi ve bozulması da önlenmiş olacaktır. Biogaz içindeki CO₂ küresel ısınmaya neden olan gazların başında gelmekte, ayrıca bir metan molekülünün yakılmasıyla da bir CO₂ molekülü atmosfere salıverilmektedir. Bu durum aslında küresel ısınma potansiyeli karbondioksit göre 23 kat daha fazla olan metanın yok edilmesi ve yok edilirken de enerji sağlanması demektir [4].

Biogaz yeteri kadar saflaştırıldıktan sonra taşıtlar için yakıt olarak kullanıldığında hem taşıttan atmosfere yayılacak emisyon miktarında ve hem de taşıttın motor gürültüsünde azalma meydana gelecektir [4]. Tablo1'de biogaz, mazot ve doğal gaz taşıt yakıtı olarak kullanıldığında oluşacak emisyon miktarları verilmiştir.

Tablo 1 Bir otobüs farklı yakıtlarla işletildiğinde oluşan emisyonların (g/km) karşılaştırılması [5].

Yakıt	CO	HC	NO _x	CO ₂	Partikül madde
Mazot	0.2	0.4	9.7	1053	0.1
Doğal gaz	0.4	0.6	1.1	524	0.022
Biogaz	0.08	0.35	5.4	223	0.015

Biogaz üretmenin faydalarını aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür: İnsan ve hayvan atıklarının anaerobik bir ortamda sindirimi bazı faydalar sunar. Bunlar;

- Oluşan metanın enerji kaynağı olarak kullanılır.
- İnsanlar biogaz kullandıklarında enerji amaçlı kömür ve odun tüketimi azalır.

- Sindirim ortamından çıkan çamur tarımda, hatta toprak iyileştirmede kullanılan çok iyi bir organik gübredir.
- Sindirim esnasında özellikle insan ve hayvan atığı içinde bulunan hastalık yapıcı (patojenik) mikroorganizmalar büyük ölçüde ölürler.
- Geleneksek biyolojik atıksu arıtma tesislerinde düşük olan kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) giderimi biogaz tesisinde oldukça yüksektir.
- Bogaz üretimi esnasında hayvan gübresinde bulunabilecek yabancı ot tohumları çimlenme özelliğini kaybeder.
- Biogaz tesisinden çıkan hayvan gübresinin kokusu yok denecek kadar azalır.
- Çürümeye terk ettiğimiz organik maddelerden atmosfere salıverilen metan küresel ısınma potansiyeli yüksek olan bir gazdır. Bu gaz kontrol altına alınmış ve yakıt olarak değerlendirilmiş olur.

Bu araştırma çalışmasında hayvan gübresi ve peynir altı suyundan biogaz üretimi, gaz üretimi esnasında özellikle peynir altı suyundan organik madde giderimi incelenmiştir.

MATERYAL METOD

Biogaz üretimi 3,6 m³'lük sıvı ve 0.8 m³'lük gaz hacmi olmak üzere toplam 4.0 m³'lük bir fermentörde gerçekleştirilmiştir. Fermentör 20 devir/dk hızla karıştırılmış ve sıcaklığı dört adet termostatik rezistansla istenilen değere ayarlanmıştır. Sisteme beslenen hayvan gübresi Ondokuz Mayıs Üniversitesi'nin yakınındaki bir hayvan çiftliği ve et entegre tesisinden temin edilmiştir. Temin edilen hayvan gübresinin karakteristiği Tablo 2'de görülmektedir. Ayrıca et entegre tesisinde hayvan kesimi esnasında oluşan kanın tesisin biyolojik atıksu arıtım tesisinde arıtılmadığı, bu kanın tesis için sorun teşkil ettiğinin belirtilmesi üzerine tesisten temin edilen kan kullanılarak da biogaz üretimi incelenmiştir.

Tablo 2 Peynir altı suyu ve hayvan sığır gübresinin karakteristikleri.

Parametre	Peynir altı suyu	Sığır gübresi
KOİ, mg/l	61250	---
pH	6.56	7.1
Katı madde, %	5.87	24.2
Uçucu katı madde, %	71.55	83
Azot, mg/l	11200	2400
Fosfor, mg/l	337.08	1020

Sülfat	2707.6	---
--------	--------	-----

Bu çalışmanın amaçlarından biri de peynir altı suyundan biogaz üretilip üretilmeyeceğinin araştırılmasıdır. Bu amaçla Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt İşletmesinden peynir altı suyu temin edilmiş ve fermentöre beslenmiştir. Peynir altı suyu alındığı gibi hiçbir ön işleme tabi tutulmadan ve hayvan gübresi ile karıştırılarak olmak üzere iki şekilde fermentöre beslenmiştir. Kullanılan sığır gübresi ve peynir altı suyunun karakteristikleri Tablo 2’de verilmiştir.

Biogaz üretimi için ideal olan ise %8-10 katı madde içeren hayvan gübresi ve su karışımının sisteme beslenmesidir. Biogaz üretimi için fermentöre beslenen organik maddenin hidroliz, asitleşme ve gaz oluşumu safhalarının tamamlanabilmesi için gerekli yeterli bir bekleme süresine (hidrolik bekleme süresi, HBS) sahip olması gerekmektedir. Bu süre sıcaklığa ve kullanılan hayvan gübresine göre değişmektedir. Sığır gübresi için HBS 14-18 gündür. Bu çalışmada HBS 18 gün olarak seçilmiştir.

Sisteme beslenen organik maddenin kimyasal özelliklerindeki değişimi izlemek amacıyla giriş ve çıkıştan alınan numunelerde pH, KOİ, BOİ, katı madde, organik madde, azot, fosfor, sülfat ve amonyak azotu tayinleri yapılmıştır. Oluşan biogaz bir basınç kontrolörü, H₂S’i tutması içinde demir tozları olan bir kolon, su buharını tutması için içinde silika-jel olan bir kolon, gazın debisini ölçmeye yarayan gazometre (ECA) ve kompresörden (buzdolabı kompresörü) geçerek 120 l’lik hacme sahip bir gaz toplama tankına depolanmıştır.

Üretilen biogazın içeriği, sırasıyla GC/MS (Shimadzu QP2010, Japonya) ve GC (Shimadzu, AOC20İ, Japonya) yardımıyla ölçülmüştür. CO₂ ve CH₄ gazlarının konsantrasyonları uzunluğu 30 m, iç çapı 0,32 mm olan kapilar kolon (Supelco 1006 plot, USA) kullanılarak ölçülmüştür. Aynı kolon GC/MS ve GC’de kullanılmıştır. Her iki aletin fırın sıcaklığı 40 °C, enjektör sıcaklığı 220 °C ve detektör sıcaklığı 230 °C da sabit tutulmuştur. GC/MS de ara yüzey sıcaklığı 220 °C’a ayarlanmıştır Taşıyıcı gaz olarak helyum (%99,999, BOC) ve 1:5’lik bir split oranı kullanılmıştır. GC’de TCD detektörü, taşıyıcı gaz olarak helyum ve make-up gazı olarak azot (%99,999, BOC) kullanılmıştır. Biogaz içindeki sülfür bileşikleri ise 30 m boyunda, 0,32 mm iç çapa sahip kapilar kolon (Supelco-Q Plot, USA) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sülfür bileşikleri GC’de uygun detektör (FPD) olmadığından GC/MS’de ölçülebilmştir. Fırın sıcaklığı 50 °C dan başlayarak 10 dakikalık artışla 250 °C’a yükseltilmiş

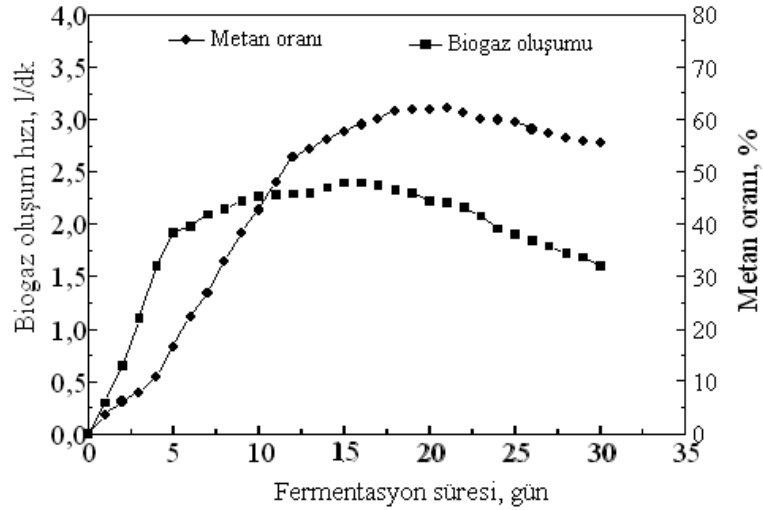
ve bu sıcaklıkta 10 dk tutulmuştur. Dedektör sıcaklığı 250 °C ve ara yüzey sıcaklığı 200 °C'a ayarlanmıştır.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Biogaz üretimi sadece sığır gübresi, sadece peynir altı suyu ve peynir altı suyu ile karıştırılmış sığır gübresi kullanılarak olmak üzere üç farklı besleme sıvısı ile gerçekleştirilmiştir. Bunlara ilave olarak bu çalışmanın kapsamında olmamasına rağmen mezbahaneden alınan kan kullanılarak da biogaz üretimi denenmiştir.

Sığır gübresiyle biogaz üretimi

Biogaz üretme fermentörüne 3.6 m³ %10 katı madde içeren sığır gübresi doldurulduktan sonra gaz oluşum hızı ve metan içeriği günlük olarak kaydedilmiş ve Şekil 1 de bu değerlerin zamanla değişimi verilmiştir.



Şekil 1 Sığır gübresinden biogaz oluşumu ve metan oranı.

Yapılan ilk beslemenin ardından sıcaklık 33 °C'da ve karıştırma hızı 20 devir/dk'da sabit tutulmuş ve bir ay boyunca fermentöre yeni besleme yapılmamıştır. İlk beslemenin ardından 16. günde biogaz oluşumu en yüksek değerine (2.4 l/dk) ulaşmış ve 19. günden sonra da düşmeye başlamıştır. Buna bağlı olarak hidrolik bekleme süresi 18 gün olacak şekilde fermentöre besleme yapılmıştır. Biogazın metan içeriği ise 20. günde en yüksek değerine ulaşmıştır. Zamanla biogaz oluşum hızı yavaşlansa bile içerdiği metan miktarı aynı şekilde azalmamıştır. Bu durumda Tablo 3'de farklı sıcaklıklarda birim fermentör hacmi başına bir

günde sığır gübresinden biogaz oluşum miktarları karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Günlük besleme yapılırken sistemin ortam ısısına bağlı olarak biogaz üretim verimi izlendi. Sıcaklığın %57 azalması (33°C'dan 14 °C'a düşüş) biogaz oluşumunda %60 lık bir azalmaya (2400 ml/dk'dan 940 ml/dk'ya düşüş) neden olmuştur.

Oluşan biogaz her gün yakılmaya çalışılmış ve 3. günde tuttuğu görülmüştür. Biogazın o anki metan yüzdesi %8 dir.

Tablo 3 Sığır gübresinden biogaz üretimi.

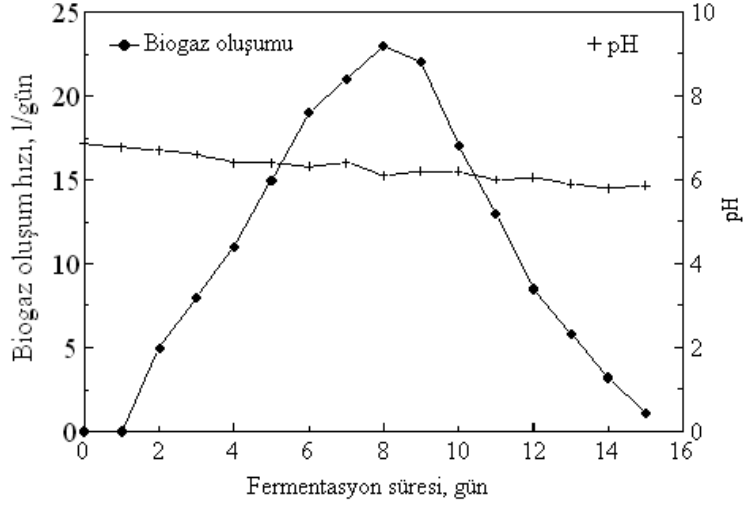
Besleme türü	Sıcaklık, °C	Biogaz, m ³ /gün.m ³	Referans	% CH ₄
Sığır gübresi	30	0,20	[112]	67
Sığır gübresi	25-26	0,47	[113]	--
Sığır gübresi	18	0,24	[114]	58
Sığır gübresi	35	0,28	[114]	58
Sığır gübresi	30	0,45	[115]	58
Sığır gübresi	30	0,64	[116]	58
Sığır gübresi	33	0,76	Bu çalışma	62

Peynir altı suyu(PAS) ile biogaz üretimi

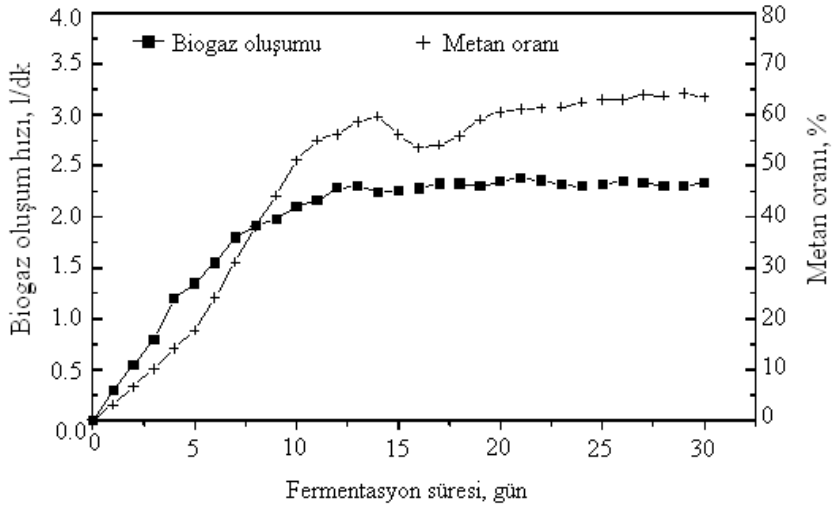
Sadece PAS ile fermentör doldurulup günlük pH ve sabit sıcaklıkta (33°C) biogaz oluşumu izlendiğinde ortamın pH'sının bir haftada 6.85den 5.8' e kadar düştüğü ve biogaz oluşumun oldukça düşük olduğu (23.6 l/gün.m³) gözlenmiştir. İlk doldurmanın ardından 8. günden sonra biogaz oluşumu gittikçe azalmış ve 14. günden itibaren hemen hemen durmuştur (Şekil 2). Bunun nedeni olarak PAS'nun içerdiği organik maddelerin hızlıca hidrolizi ve asit oluşumu olarak gösterilebilir. Bu konuda yapılan çalışmalarda PAS'nun anaerobik şartlarda pH'ının düştüğünü ve biogaz oluşumunun başarısızlığa uğradığı belirtilmektedir [6]. Bu sorunu aşmak içinde NaHCO₃ gibi bir alkalinin kontrollü bir şekilde ortama vermek suretiyle biogaz üretilebileceği ifade edilmektedir.

Bu çalışmada ise saf PAS'dan biogaz üretilmemesi problemi PAS ile sığır gübresi karıştırılarak aşılmıştır. Bu iki şekilde yapılmıştır: Birincisi daha önce sığır gübresi doldurulmuş fermentör üzerine günlük olarak saf PAS ilave ederek, ikincisi PAS ile sığır gübresini katı madde oranı %10 olacak şekilde sulandırıldıktan sonra sisteme besleyerek. Bu işlemin sonucunda ortamın pH'ı çok fazla azalmamış ve sadece sığır gübresi ile elde edilen biogaz verimi (2.1 l/dk) kadar bir biogaz üretim verimine ve sığır gübresinden daha iyi bir metan oranına (%64) ulaşılmıştır. Şekil 3'de görülen toplam fermentasyon süresinin ilk 15

günü sadece sığır gübresine, 15. günden sonrası ise sığır gübresi üzerine günlük olarak ilave edilmiş PAS'na aittir.



Şekil 2 Sadece PAS'dan biogaz üretimi.



Şekil 3 Sığır gübresi üzerine PAS ilavesiyle biogaz üretimi.

Tablo 4'de görülmektedir. Tablo 4 den görülebileceği gibi çevre için en büyük kirlenici unsur olan kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) değerinin biogaz üretimi esnasında en fazla %52 oranında azaltılabildiği görülmüştür.

Kan-hayvan gübresi ve su karışı kullanılarak yapılan çalışmada giriş KOİ değerinin 39885 mg/l den 19250 mg/l'ye (%52'lik azalma) ve biogaz oluşumunun 1900 ml/dk (0,6m³ biogaz/m³.gün) olduğu belirlendi. Oluşan biogazın metan yüzdesi %59 dur. Bu sonuç mezbahane atıksuları, kan ve kesilen hayvanların içlerinden boşaltılan atıkların biogaz üretiminde kullanılabileceğini göstermektedir.

Tablo 4 PAS ve sığır gübresi karışımından biogaz üretimi esnasında bazı parametrelerin değişimi.

Parametre	Besleme kons. mg/l	Çıkış kons. mg/l	Giderim verimi %
Katı madde	98977	83140	16
Uçucu katı madde	64285	35357	45
KOİ	35426	17004	52
NH ₃ -N	230.8	166.1	28
Fosfor	215.4	144.5	33

SONUÇ

Bu çalışmada Ondokuz Mayıs Üniversitesi kampüsünde kurulan biogaz tesisinde sığır gübresinden, peynir altı suyundan ve sığır kanından biogaz üretilmeye çalışılmıştır. Biogaz üretimi esnasında sisteme beslenen su-sığır gübresi, su-sığır gübresi-peynir altı suyu ve su-kan-sığır gübresi karışımlarının içindeki KOİ, azot, fosfat, sülfat, katı madde ve uçucu katı madde gibi parametrelerin değişimi izlenmiş ve çıkış akımının çevre açısından nasıl bir önem taşıyacağı değerlendirilmiştir.

Kurulan 3,6 m³ dolu hacme sahip biogaz tesisinde 33°C'da sığır gübresi ile %62, sığır gübresi-peynir altı suyu ile %64 ve sığır gübresi-kan karışımı ile % %59 oranında metan içeren biogazlar üretilmiştir. Tesiste ortalama biogaz üretim verimi 0,7 m³/m³.gün olmuştur. Ölçüm sonuçları göstermiştir ki biogaz üretimi esnasında izlenen parametrelerin konsantrasyonları çok fazla düşmemiştir.

KAYNAKLAR

1. Owens, J.M. ve Chynoweth, D.P., Biochemical methane potential of Municipal Solid Waste (MSW) components, Water Sci. Technol., 27(2), 1-4 1993.
2. DİE, 2004. Tarımsal Yapı (Üretim, Fiyat, Değer) 2002. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü Yayınları
3. Alpkent, Z. Ve Göncü, A., 2003. Peynir suyu ve peynir suyu proteinlerinin gıda, kozmetik ve tıp alanlarında kullanılması. Gıda Mühendisliği Dergisi 15: 26-30.
4. Lie, J.A., Synthesis, performance and regeneration of carbon membranes for biogas upgrading, PhD Thesis, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), 2005.

5. Plombin, C., Biogas as vchicle fuel, a European overview. Trendsetter Report No 2003:3, Stockholm 2003.
6. Yiğit, N., Peyniraltı suyundan sürekli sistemde biyogaz üretimi için uygun koşulların belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara 2007.

