

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KATALİTİK HIZLI PİROLİZİN BİYOYAĞ VERİM VE KALİTESİNE
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Begüm GÜZELÇİFTÇİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

2016

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KATALİTİK HIZLI PİROLİZİN BİYOYAĞ VERİM VE KALİTESİNE
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Begüm GÜZELÇİFTÇİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

(Bu tez Akdeniz Üniversitesi tarafından FYL-2016-1211 no'lu proje ile desteklenmiştir.)

2016

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KATALİTİK HIZLI PİROLİZİN BİYOKAĞ VERİM VE KALİTESİNE
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Begüm GÜZELÇİFTÇİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 06/05/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Hasan MERDUN

Prof. Dr. Mustafa Nuri Güven BAYHAN

Yrd. Doç. Dr. Çiğdem MORAL

H.Merdun
Bayhan
Moral

ÖZET

KATALİTİK HIZLI PİROLİZİN BİYOYAĞ VERİM VE KALİTESİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Begüm GÜZELÇİFTÇİ

Yüksek Lisans Tezi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hasan MERDUN

Mayıs 2016, 63 sayfa

Biyolojik olarak bozunabilen atıkların olumsuz çevresel etkilerini ortadan kaldırmak ve aynı zamanda bu atıkları enerji kaynağı olarak kullanarak verimli ürün biyoyağ'a dönüştürmek son zamanlarda yaygın bir şekilde araştırılmaktadır. Bu amaçla, yapılan çalışmada, biyokütle örneği olarak park-bahçe ve mutfak atıkları seçilmiş ve katalitik hızlı piroliz yöntemi uygulanarak, azot gazı akış hızı, katalizör partikül büyüklüğü ve katalizör miktarının ürün verimleri ve kalitesine etkileri incelenmiştir. Deneylerde katalizör olarak dolomit, piroliz sıcaklığı 500°C, bekleme süresi 5 dak., biyokütle miktarı 15 g ve biyokütle partikül boyutu 1-1,5 mm ile parametre değerleri sabit tutulmuştur. Çalışma sonuçlarına göre, biyokütle ortalama %41,8 oranında biyoyağa dönüşmüştür. Biyoyağ veriminin en yüksek sağlandığı katalizör parçacık boyutu 1-1,5 mm, katalizör miktarı (biyokütle:katalizör cinsinden) 5 ve 7,5 g ve azot gazı akış hızının ise 500 mL/dak olduğu gözlenmiştir. Bu verilere göre, parçacık boyutu ve katalizör miktarının artması biyoyağ verimini de arttırmıştır. Azot gazı akış hızının 500 mL/dak'dan daha yüksek değerlere arttırılmasıyla biyoyağ veriminde önemli bir artış gözlenmemiştir. Elde edilen biyoyağ örneklerinin bileşenlerini belirlemek amacıyla yapılan GC-MS analizi sonucunda biyoyağın en fazla levoglucosan ve daha sonra asetik asit, 1,2-benzenediol ve furfural alkol bileşiği içerdiği görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELER: Enerji, Yenilenebilir Enerji, Biyokütle, Katalizör, Hızlı Piroliz, Biyoyağ, Biyoenerji

JÜRİ: Prof. Dr. Hasan MERDUN

Prof. Dr. Mustafa Nuri Güven BAYHAN

Yrd. Doç. Dr. Çiğdem MORAL

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF CATALYTIC FAST PYROLYSIS ON BIO-OIL YIELD AND QUALITY

Begüm GÜZELÇİFTÇİ

MSc Thesis in Environmental Engineering

Supervisor: Prof Hasan MERDUN

May 2016, 63 pages

Obtaining the bio-oil is important to get rid of negative environmental impacts of biodegradable wastes. Converting these wastes to bio-oil energy are widely researched in the recent years. With this aim, in this study, park-garden and food wastes were chosen as biomass samples. Parameters of nitrogen flow rate, catalyser particle size and amount of catalzer were investigated on the bio-oil yield and quality by using catalytic fast pyrolysis. Dolomit catalyser, pyrolysis temperature (500°C), reaction time (5 min), biomass (15 g) and biomass particle size (1-1,5 mm) were remained stable. Based on the results, conversion of biomass to bio-oil was the %41. The highest yield of bio-oil was obtained in this experiment that catalyser particle size is 1-1,5 mm, amount of catalyser (biomass:catalyser) are 5 g and 7,5 g, nitrogen flow rate is 500 ml/min. According to the consequences, bio-oil yield increased depending on increasing both of particle size and amount of catalyser. There was no considerable change of bio-oil yield when nitrogen flow rate was increased more than 500 ml/min. Analysis of GC-MS determined the compounds of the obtained bio-oil samples it was observed that bio-oil contained levoglucosan, acetic acid, 1-2 benzenediol and furfural alcohol compounds progressively.

KEYWORDS: Energy, Renewable Energy, Biomass, Catalyst, Fast Pyrolysis, Bio-oil, Bioenergy

COMMITTEE: Prof. Dr. Hasan MERDUN
Prof. Dr. Mustafa Nuri Güven BAYHAN
Asst. Prof. Dr. Çiğdem MORAL

ÖNSÖZ

Danışmanlığımı üstlenen yüksek lisans tez çalışmalarım boyunca beni yönlendiren, destek verip motive eden ve çalışmalarımın deneysel ve teorik aşamasında yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Hasan MERDUN'a,

Yüksek Lisans çalışma arkadaşım sevgili Cansın ERDOĞAN NAMAL'a,

Mühendislik Fakültesi teknisyeni Mehmet YÖNTEM'e,

Her daim beni destekleyen ve sevgilerini asla esirgemeyen sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Begüm GÜZELÇİFTÇİ

Mayıs 2016

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SIMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması	2
1.2. Dünyada ve Türkiye’de Birincil Enerji Kaynakları Durumu	2
1.3. Fosil Kaynaklar	4
1.4. Yenilenebilir Enerji	5
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI.....	8
2.1. Biyokütle	8
2.2. Biyokütlenin Yapısı.....	9
2.2.1. Selüloz.....	9
2.2.2. Hemiselüloz.....	10
2.2.3. Lignin	10
2.2.4. Ekstraktifler	10
2.2.5. Kül.....	11
2.3. Biyokütle Kaynakları	11
2.4. Biyokütle Potansiyeli	12
2.5. Biyokütle Uygulanan Dönüşüm Prosesleri	12
2.6. Biyolojik Süreçler	13
2.7. Termokimyasal Dönüşüm Yöntemleri	13
2.7.1. Yanma	14
2.7.2. Gazlaştırma.....	14
2.7.3. Sıvılaştırma.....	15
2.7.4. Piroliz	15
2.8. Piroliz Yöntemleri	16
2.8.1. Geleneksel piroliz.....	16
2.8.2. Hızlı piroliz	17
2.8.3. Flash (Ani) piroliz	17
2.9. Pirolizden Elde Edilen Ürünler	17
2.9.1. Gaz ürün	18
2.9.2. Katı ürün.....	18
2.9.3. Sıvı ürün - biyoyağ.....	18
2.10. Piroliz Ürün Verimini Etkileyen Parametreler	20
2.10.1. Piroliz sıcaklığının etkisi.....	20
2.10.2. Isıtma hızının etkisi	21
2.10.3. Alıkonma zamanının etkisi.....	21
2.10.4. Sürükleyici gaz akış hızının etkisi.....	21
2.10.5. Basıncın etkisi	21
2.10.6. Katalizör etkisi	21
2.10.7. Piroliz ortamının etkisi.....	22
2.10.8. Parçacık boyutunun etkisi	22

2.11. Biyokütle Pirolyzi ile İlgili Problemler	22
2.11.1. Biyoyağ değişkenliği	22
2.11.2. Faz ayırımı	22
2.11.3. Konteynerlerin korozyonu	22
2.12. Katalitik Pirolyz	23
2.12.1. Hidrojenle zenginleştirme	23
2.12.2. Zeolit katalizörü ile parçalama	23
2.13. Kaynak Taramaları	23
3. MATERYAL VE METOT	26
3.1. Biyokütleyle Uygulanan İşlemler	26
3.1.1. Biyokütlenin toplanması	26
3.1.2. Biyokütlenin kurutulması ve saklanması	26
3.2. Katalizör	26
3.3. Azot Gazı Akış Hızı	27
3.4. Deneysel Çalışmalar	27
3.5. Analiz	29
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	31
5. SONUÇLAR	44
6. KAYNAKLAR	46
7. EKLER	52
EK-1 GC-MS Analiz Sonuçları	52
EK-2 GC-MS Analiz Spektrumları	63
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

°C	Santigrat
Cp	Viskozite
Dak	Dakika
Dp	Parçacık Boyutu
g	Gram
mm	Milimetre
s	Saniye
Mpa	Megapaskal (basınç ölçütü)
MW	Megawatt

Kısaltmalar

BTU	British Therman Unit
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
GC-MS	Gaz Kromatografisi-Kütle Spektroskopisi
HHV	Üst Isıl Değer
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı
IR	Infrared Spektroskopisi
LHV	Düşük Isıl Değer
MHV	Orta Isıl Değer
MJ/kg	Megajoule/kilogram
MTEP	Milyon Ton Eşdeğeri Petrol
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletişim AŞ
WEC	Dünya Enerji Konseyi
YEK	Yenilenebilir Enerji Kaynakları

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. 1990-2010 yılları dünya birincil enerji arzı ve 2035 yılı projeksiyonu	3
Şekil 1.2. 2010 Yılı dünya birincil enerji arzında kaynakların payı	3
Şekil 1.3. Yıllara göre Türkiye'deki birincil enerji kullanımı	4
Şekil 1.4. Türkiye'deki birincil enerji arzının dağılımı	4
Şekil 1.5. 1990- 2009 yılları arasında dünyada kullanılan enerji	5
Şekil 1.6. Dünya birincil enerji kaynağı arzı	6
Şekil 2.1. Fotosentez	8
Şekil 2.2. Doğal biyokütle çevrimi	8
Şekil 2.3. Biyokütlenin temel bileşenleri	9
Şekil 2.4. Selülozun kimyasal yapısı	9
Şekil 2.5. Hemiselülozun kimyasal yapısı	10
Şekil 2.6. Ligninin kimyasal yapısı	10
Şekil 2.7. Başlıca biyokütle çeşitleri	11
Şekil 2.8. Biyokütle enerjisi kaynakları	11
Şekil 2.9. Biyokütleyle uygulanan dönüşüm prosesleri, ürünler ve uygulamaları	13
Şekil 2.10. Biyokütle gazlaştırma sistemleri için uygulamalar	14
Şekil 2.11. Piroliz dönüşümüyle elde edilen birincil ve ikincil ürünler	18
Şekil 2.12. Piroliz sıvısının genel görünümü	19
Şekil 3.1. Toplanan yemek ve bahçe atıkları	26
Şekil 3.2. Kalsine edilmiş farklı boyuttaki dolomit katalizörü	27
Şekil 3.3. Hızlı piroliz deney düzeneğinin görünüşü	29
Şekil 3.4. GC-MS cihazının görünüşü.	30
Şekil 4.1. Piroliz işleminden sonra biyoyağ ve biochar görünümü	31

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması	2
Çizelge 1.2. Dünyadaki birincil enerji tüketimi ve yeni politikalar	3
Çizelge 2.1. Bazı biyokütle türlerinin tipik lignoselüloz içerikleri	9
Çizelge 2.2. Dönüşüm prosesleri, teknik çözümleriyle son ürün oluşumu	16
Çizelge 3.1. Hızlı piroliz deneylerinin deneme planı	28
Çizelge 4.1. Katalitik hızlı piroliz deneylerinde kullanılan parametreler ve elde edilen ürün verimleri	31
Çizelge 4.2. 500 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 0,5-1 mm katalizör partikül boyutunda, katalizör miktarının biyoyağ verimine etkisi	32
Çizelge 4.3. 500 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 1-1,5 mm katalizör partikül boyutunda, katalizör miktarının biyoyağ verimine etkisi	32
Çizelge 4.4. 500 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 1,5-2 mm katalizör partikül boyutunda, katalizör miktarının biyoyağ verimine etkisi	33
Çizelge 4.5. 1000 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 0,5-1 mm katalizör partikül boyutunda, katalizör miktarının biyoyağ verimine etkisi	33
Çizelge 4.6. 1000 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 1-1,5 mm katalizör partikül boyutunda, katalizör miktarının biyoyağ verimine etkisi	33
Çizelge 4.7. 1000 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 1,5-2 mm katalizör partikül boyutunda, katalizör miktarının biyoyağ verimine etkisi	34
Çizelge 4.8. 1500 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 0,5-1 mm katalizör partikül boyutunda, katalizör miktarının biyoyağ verimine etkisi	34
Çizelge 4.9. 1500 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 1-1,5 mm katalizör partikül boyutunda, katalizör miktarının biyoyağ verimine etkisi	34
Çizelge 4.10. 1500 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 1,5-2 mm katalizör partikül boyutunda, katalizör miktarının biyoyağ verimine etkisi	35
Çizelge 4.11. 500 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 3,75 gram katalizör miktarında, katalizör partikül boyutunun biyoyağ verimine etkisi	35
Çizelge 4.12. 500 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 5 g katalizör miktarında, katalizör partikül boyutunun biyoyağ verimine etkisi	35

Çizelge 4.13. 500 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 7,5 g katalizör miktarında, katalizör partikül boyutunun biyoyağ verimine etkisi	36
Çizelge 4.14. 1000 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 3,75 g katalizör miktarında, katalizör partikül boyutunun biyoyağ verimine etkisi	36
Çizelge 4.15. 1000 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 5 gram katalizör miktarında, katalizör partikül boyutunun biyoyağ verimine etkisi	36
Çizelge 4.16. 1000 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 7,5 g katalizör miktarında, katalizör partikül boyutunun biyoyağ verimine etkisi	37
Çizelge 4.17. 1500 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 3,75 g katalizör miktarında, katalizör partikül boyutunun biyoyağ verimine etkisi	37
Çizelge 4.18. 1500 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 5 g katalizör miktarında, katalizör partikül boyutunun biyoyağ verimine etkisi	37
Çizelge 4.19. 1500 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 7,5 g katalizör miktarında, katalizör partikül boyutunun biyoyağ verimine etkisi	38
Çizelge 4.20. 3,75 g katalizör miktarında, 0,5-1 mm katalizör partikül boyutunda 500, 1000 ve 1500 mL/dak'lık azot gazı akış hızının biyoyağ verimine etkisi	38
Çizelge 4.21. 3,75 g katalizör miktarında, 1-1,5 mm katalizör partikül boyutunda 500, 1000 ve 1500 mL/dak'lık azot gazı akış hızının biyoyağ verimine etkisi	39
Çizelge 4.22. 3,75 g katalizör miktarında, 1,5-2 mm katalizör partikül boyutunda 500, 1000 ve 1500 mL/dak'lık azot gazı akış hızının biyoyağ verimine etkisi	39
Çizelge 4.23. 5 g katalizör miktarında, 0,5-1 mm katalizör partikül boyutunda 500, 1000 ve 1500 mL/dak'lık azot gazı akış hızının biyoyağ verimine etkisi	39
Çizelge 4.24. 5 g katalizör miktarında, 1-1,5 mm katalizör partikül boyutunda 500, 1000 ve 1500 mL/dak'lık azot gazı akış hızının biyoyağ verimine etkisi	40
Çizelge 4.25. 5 g katalizör miktarında, 1,5-2 mm katalizör partikül boyutunda 500, 1000 ve 1500 mL/dak'lık azot gazı akış hızının biyoyağ verimine etkisi	40
Çizelge 4.26. 7,5 g katalizör miktarında, 0,5-1 mm katalizör partikül boyutunda 500, 1000 ve 1500 mL/dak'lık azot gazı akış hızının biyoyağ verimine etkisi	40
Çizelge 4.27. 7,5 g katalizör miktarında, 1-1,5 mm katalizör partikül boyutunda 500, 1000 ve 1500 mL/dak'lık azot gazı akış hızının biyoyağ verimine etkisi	40

Çizelge 4.28. 7,5 g katalizör miktarında, 1,5-2 mm katalizör partikül boyutunda 500, 1000 ve 1500 mL/dak'lık azot gazı akış hızının biyoyağ verimine etkisi	41
Çizelge 4.29. Biyoyağın GC-MS analiz sonuçları	42

1. GİRİŞ

Nüfus artışı, iyi koşullarda yaşam sürme isteği, hızlı kentleşme, ekonomik ve teknolojik büyüme gibi tüm etkenler enerji ihtiyacını hızla arttırmıştır.

Enerji günlük ihtiyaçların karşılanabilmesi için gereklidir. Özellikle endüstri alanında, konutlarda ısınma ihtiyacının karşılanmasında ve ulaşımda kullanımı yaygındır. Dünya nüfusunun artması ile enerji kaynaklarına olan talepte hızla artmaktadır (ETKB 2011). Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde gelecekteki enerji ihtiyaçlarının üretim ve tüketim bazlı belirlenebilmesi için; nüfus artışı, ekonomik üretkenlik, tüketici alışkanlıkları ve teknolojik gelişmeler gibi tüm faktörler incelenmelidir (WEC 2010). Sanayileşmiş olan ülkelerde fosil kaynaklar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı artmıştır. Türkiye’de kömür, petrol ve doğal gaz gibi birincil enerji kaynaklarının yeterli miktarda bulunmaması ve kullanımı sonucu çevreye olumsuz etkileri sebebiyle yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi zorunlu olmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarımız; hidrolik, biyokütle, rüzgar, güneş ve jeotermaldir (Kaygusuz 2004).

Fosil kaynaklarının kullanımı çevreye olumsuz etki yapmakta ve problemleride arttırmaktadır (Bilgen vd 2008). Bu sebeple, çevre açısından sorun yaratmayacak, etkisi olumsuz olmayan veya asgari düzeyde olan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim başlamıştır. “Doğanın döngüsü içerisinde, bir sonraki zamanda da mevcut olabilen enerji kaynağı” yenilenebilir enerji olarak adlandırılabilir. Tanıma bakıldığında geleneksel enerji kaynaklarının, yenilebilir enerji olarak değerlendirilmediği anlaşılmaktadır (REN21 2012). Avantaj olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı sonucu karbondioksit (CO₂) emisyonlarının azalması, çevrenin korunması için yardımcı olması, yerli kaynak olmasından ötürü dışa bağımlılığın azalması ve istihdamın artmasına katkıda bulunması olarak sayılabilir (Ren21 2011, Acaroğlu 2007). Biyokütle yenilenebilir enerji kaynağıdır ve enerji üretimi için önemlidir. Dünya enerji tüketiminin yaklaşık olarak %15’i biyokütleden sağlanmaktadır. Elektrik enerjisi, ısı elde etmek ve ayrıca taşıtlar için bir yakıt kaynağı olarak kullanılabilir (Pütün 2005). Biyokütle kolay elde edilebilir olması ve kullanılabilirliği olmasından dolayı ana yenilenebilir enerji kaynağıdır denilebilir (Pütün 2008, Bridgwater 1999). Kompleks yapıya sahiptir ve bu sebeple yapı itibari ile petrole benzemektedir. Petrol ve biyokütle arasındaki en önemli fark, petrolü doğrudan bir kaynaktan elde edebilirken biyokütle tarımsal vb ürünlerden ısı prosesler sonucunda petrol türevinde ürünler vermektedir (Pütün 2008). Biyokütlenin doğrudan yakılması ile ısı enerjisi elde edilmektedir. Günümüzde ise ülkeler sadece ısı elde etmek için değil faydalı kimyasallar üretmek ve biyoyakıt eldesi için de biyokütleyi enerji kaynağı olarak kullanmaktadır. Dünyadaki karaların yaklaşık %30 kadarı ormanlarla kaplıdır ve bu büyük bir biyokütle kaynağıdır (Parikka 2004).

Biyokütlenin bol miktarda bulunması ve potansiyel enerji kaynağı olması, dönüşüm yöntemlerinin uygulanmasından sonra fosil yakıtlarla kıyaslandığında çevreye zararlı bir etkisinin bulunmaması veya etkisinin çok daha az olması gibi tüm nedenler biyokütlenin olumlu özelliklerindedir.

1.1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması

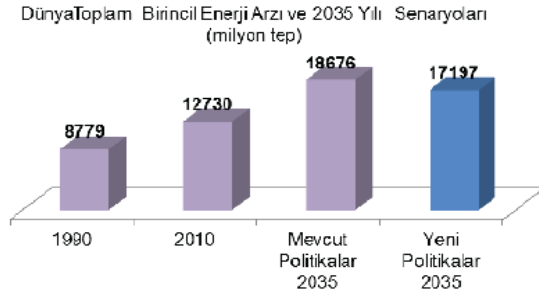
Enerji kaynakları birincil ve ikincil enerji kaynakları olarak sınıflandırılırlar. Enerjinin değişim ve dönüşüm olmamış hali birincil enerji olarak adlandırılır. Uluslararası literatüre bakıldığında, birincil enerji kaynakları; kömür, linyit, petrol ve petrol ürünleri, doğalgaz, hidrolik enerji, nükleer enerji ve güneş, jeotermal, rüzgar gibi enerji kaynakları olduğu görülmüştür. Birincil enerjinin dönüştürülmesi ile elde edilen diğer enerji çeşidi ise “ikincil enerji” olarak adlandırılmaktadır. İkincil enerji olarak önemli ve en çok kullanılan tür elektrik enerjisidir. Çizelge 1.1’de enerji kaynaklarının sınıflandırılması gösterilmektedir (Keskin 2006).

Çizelge 1.1. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması (Keskin 2006)

Birincil Enerji Kaynakları		İkincil Enerji Kaynakları	
1. Fosil Kaynaklar	Petrol	4. Diğer Enerji Türleri	Elektrik Enerjisi
	Doğalgaz		Hidrojen
	Kömür		
2. Yenilenebilir Kaynaklar	Rüzgar		
	Hidrolik		
	Güneş		
	Jeotermal		
	Biyokütle		
	Dalga enerjisi		
3. Nükleer Kaynaklar	Uranyum		
	Toryum		

1.2. Dünyada ve Türkiye’de Birincil Enerji Kaynakları Durumu

1990-2010 yılları arasında birincil enerji arzında, elektrik üretimi için kullanılan kaynakların paylarında değişiklikler gözlenmiştir (Şekil1.1). Gelişmelere bakıldığında gelecekte meydana gelecek taleplerin karşılanabilmesi amacıyla çeşitli senaryolar yapılmaktadır. İklimin değişmesi, kullanılan kaynaklarda azalma, teknolojinin değişmesi ve sosyal şartlarda meydana gelebilecek zorluklar düşünülerek yapılan çalışmalarda, ileride birincil enerji arzı kaynaklarının çeşitliliği için mevcudun dışına çıkılacağı tahmin edilmektedir (IEA 2012).



Şekil 1.1. 1990-2010 yılları dünya birincil enerji arzı ve 2035 yılı projeksiyonu



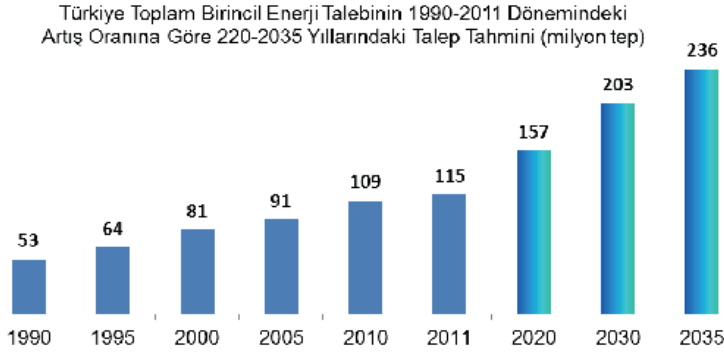
Şekil 1.2. 2010 Yılı dünya birincil enerji arzında kaynakların payı (IEA 2012)

Çizelge 1.2. Dünyadaki birincil enerji tüketimi ve yeni politikalar (mtep) (IEA 2012)

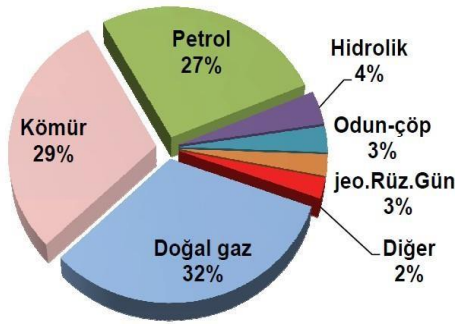
	1990	2010	2015	2020	2030	2035	2010-35*
Kömür	2231	3474	3945	4082	40180	4218	0,8%
Petrol	3230	4113	4352	4457	4578	4656	0,5%
Doğalgaz	1668	2740	2993	3266	3820	4106	1,6%
Nükleer	526	719	751	898	1073	1138	1,9%
Hidrolik	184	295	340	388	458	488	2,0%
Biyokütle	903	1277	1408	1532	1755	1881	1,6%
Diğer yenilenebilir	36	112	200	299	554	710	7,7%
Toplam	8779	12730	13989	14922	16417	17197	1,2%

2010 yılında dünya birincil enerji arzında petrol %32, kömür %27, doğal gaz %22 oranları ile toplam arzın %81'lik dilimini oluşturmaktadır (Şekil 1.2). Dünya birincil enerji arzı 1990 yılında 8,779 milyon ton eşdeğer petrol (mtep) iken 20 yıl sonrasında %45 artmış ve 2010 yılında ise 12,730 mtep olmuştur (IEA 2012).

Türkiye’deki birincil enerji kullanımı Şekil 1.3’de gösterilmiştir.



Şekil 1.3. Yıllara göre Türkiye’deki birincil enerji kullanımı



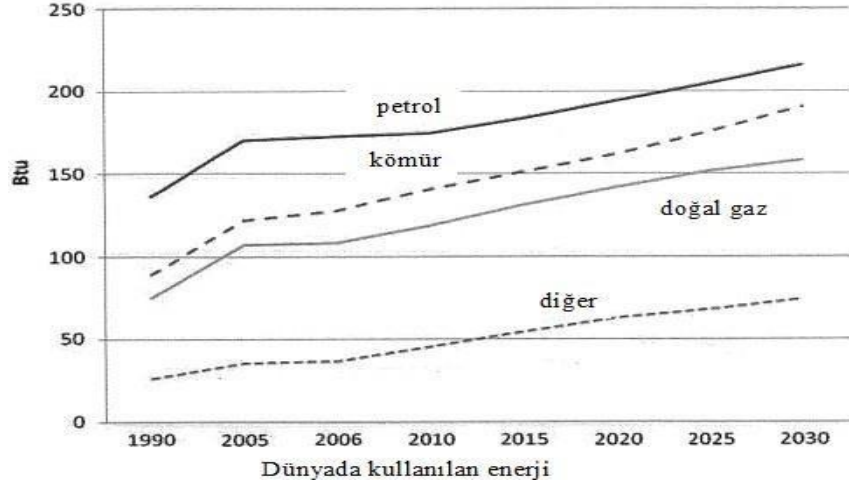
Şekil 1.4. Türkiye’deki birincil enerji arzının dağılımı (TEİAŞ 2012)

Türkiye için 2011 yılındaki toplam birincil enerji arz değerine bakıldığında 115 milyon ton eşdeğer petrol (mtep) olduğu görülmektedir. Enerji arz dağılımında birinci sırada 36,9 mtep ile doğal gaz yer almıştır. Doğal gaz toplam arzın %32’sini oluşturmaktadır. Ardından sıra ile 33,5 mtep ile kömür, 30,4 mtep ile petrol, 4,5 mtep ile hidrolik, 3,4 mtep ile odun, hayvan ve bitki artıkları ve 2,9 mtep ile jeotermal, rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir kaynaklar takip etmektedir. Şekil 1.4 göz önüne alındığında Türkiye’de en çok fosil kaynakların kullanımı görülmekte ve bu birincil enerjinin %88’ine denk gelmektedir (%4 hidrolik, %3 rüzgar, %3 odun-çöp ve %2 diğer kaynaklar) (Şekil 1.4).

1.3 Fosil Kaynaklar

Milyonlarca yıl boyunca ölmüş organizmaların oksijensiz ortamda ayrışmasının sonucunda fosil yakıtlar meydana gelmektedir. Fosil yakıtların bulunduğu bölgeler ve derinlikler farklıdır (IEA 2009). Katı, sıvı ve gaz halinde bulunan fosil yakıtlar içerisinde bulundukları enerjinin yakılması ile elektrik, ısı veya yakıt enerjisine dönüşüm sonucu oluşan enerji de fosil enerji kaynağı olarak isimlendirilir. Kömür, petrol ve doğalgaz başlıca fosil kaynaklardır (Alemdaroğlu 2007). Fosil enerji kaynaklarının çevreye zararının bilincine varılması yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi de arttırmıştır.

Şekil 1.5'te dünyada 1990-2009 yılları arasında meydana gelen enerji tüketimi ve 2030 yılına kadar gerçekleşebilecek tüketim hakkında tablo gösterilmektedir (IEA 2009).



Şekil 1.5. 1990- 2009 yılları arasında dünyada kullanılan enerji (IEA 2009)

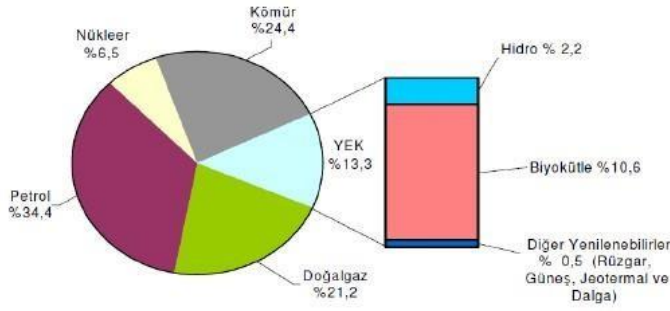
Fosil yakıtların kullanılması sera etkisine bağlı olarak atmosferde ısının artmasına ve iklim değişikliğine sebep olarak çevre üzerinde olumsuz etki yapmasına sebep olmaktadır. Bunun yanısıra yağmurlarda anormalliklere ve sağlık problemleri gibi birçok olumsuzluğu da beraberinde getirmektedir. Bu olumsuzluklar tüm dünyayı temiz enerji arayışına yöneltmektedir (Noyan 1987).

1.4. Yenilenebilir Enerji

Yenilenebilir enerji; tükenmeyen, devam halinde olan ve doğal süreçlerde bulunan enerji akışından elde edilen bir enerji çeşidi olarak adlandırılır. Yenilenebilir enerji kaynakları; Güneş, rüzgar, hidrolik ve biyokütledir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi;

- Sera gazı emisyonlarındaki azalmalar
- Sosyal ve ekonomik olarak bütünleşmeye katkı sağlaması
- Kaynakların çeşitlendirilmesine katkıda bulunması
- Fosil yakıt kaynaklarının korunması için yardımcı
- Elektrik ve diğer enerji türlerinin kullanılmasıyla meydana gelen olumsuz etkilerin de azalması ve
- Sürdürülebilir kalkınmaya yarar sağlaması gibi nedenler sayılabilir (Terzi ve Güney 1997)



Şekil 1.6. Dünya birincil enerji kaynağı arzı (Çağlar 2013)

Şekil 1.6'ya bakıldığında yenilenebilir enerji kaynaklarının %13,3'ü dünya enerji arzında yerini almaktadır. Toplam yenilenebilir enerji kaynakları içerisindeki en büyük payın biyokütleyle ait olduğu görülmektedir. Güney Asya ve Afrika gibi gelişmekte olan ülkelerde ısınma ve yemek pişirme amacıyla biyokütle enerjisi kullanılmaktadır (Çağlar 2013).

Güneş enerjisi: Dünya üzerinde madde ve enerji akışları güneş enerjisi sayesinde olabilmekte ve dünyanın en önemli enerji kaynağıdır. Güneş enerjisinin değişim geçirmiş biçimleri okyanuslardaki sıcaklık farkları, rüzgar, deniz dalgası ve biyokütle enerjileri olarak sayılabilir (Varınca ve Gönüllü 2006).

Rüzgar enerjisi: Yenilenebilir enerji kaynakları içinde en gelişmiş, ticari anlamda elverişli, doğa ile uyumlu, tükenme ihtimali olmayan ve çevreye de olumsuz etkisi bulunmayan bir kaynaktır. Rüzgar enerjisi güneş enerjisinden oluşan dolaylı bir üründür ve güneş radyasyonunun yeryüzünü farklı ısıtması ile meydana gelmektedir. Dünyaya ulaşan güneş enerjisinin yaklaşık olarak %2'lik kısmı rüzgar enerjisine çevrilebilmektedir (Kıncay vd 2009).

Hidrolik enerji: Akan suyun gücü öncelikle hidrolik türbinlerle mekanik enerjiye, daha sonra da jeneratörlerle elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Elde edilecek güç miktarı, düşüş yüksekliği ile akım debisinin çarpımı ile bulunur. Modern türbinlerle mevcuttaki enerjinin % 90'ına kadar olan kısmı elektrik enerjisine dönüşebilmektedir. Çok iyi fosil yakıt tesislerinde bu oran %50 civarındadır (Yüksek ve Kaygusuz 2005).

Jeotermal enerji: Jeotermal enerji, yerkabuğunun içinde farklı derinliklerde bulunur. Yapısında en çok erimiş mineral tuzlar ve gazlar içeren buhar ve sudan oluşmuş hidrotermal bir küttedir. (Küleççi 2009). 41 ülke arasından 7. Sırada Türkiye jeotermal enerjinin doğrudan kullanımında yer almaktadır. Türkiye'nin jeotermal kapasitesi yüksek olsa da kullanımı için bir politikası olmadığı görülmektedir (Drahor ve ark 2001).

Biyokütle enerjisi: Bitkisel ve hayvansal kökenli olan bütün maddeler biyokütle enerji kaynağı olarak adlandırılır. Bu kaynaklardan üretilen enerji de biyokütle enerjisidir. Modern biyokütle kaynakları; orman ve ağaç endüstrisi atıkları, tarım ürünleri, kentsel atıklar, bitkisel ve hayvansal atıklar, tarımsal endüstri atıklarıdır.

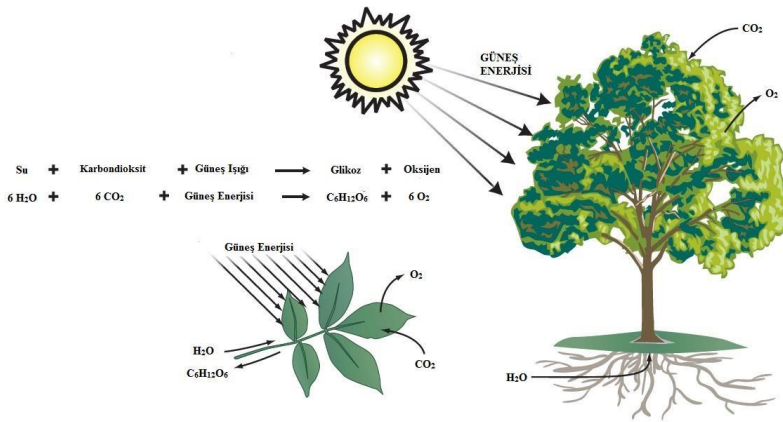
Biyokütle işlenmesi için teknikler mevcuttur ve katı, sıvı, gaz yakıtlara dönüştürülebilir. Yakıt üretimi için piroliz, gazlaştırma, parçalayıcı distilasyon ve asit hidroliz gibi tekniklerden yararlanılmaktadır (Erdoğan 2003).

2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

2.1 Biyokütle

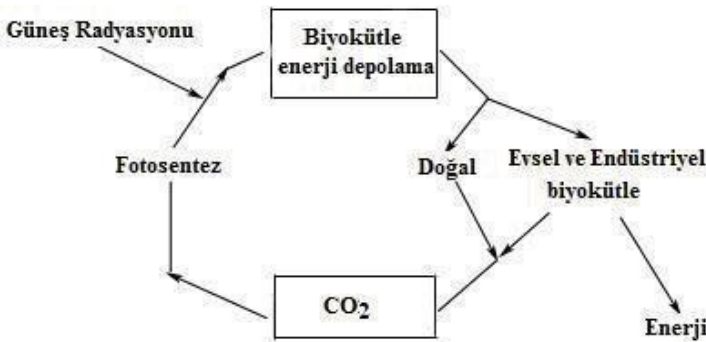
Biyokütle; biyolojik kökenli olan ve fosil olmayan organik madde kütlesi olarak tanımlanır. Biyokütle kaynakları bitkisel ve hayvansal kökenli olan doğal maddelerdir. Bu gibi biyokütllerden elde edilen enerji ise biyokütle enerji kaynağıdır (Acaroğlu 2003). Fotosentez sırasında güneş enerjisi ile karbondioksit (CO_2) glikoza çevrilmekte ve biyokütle yandığında, glikozun parçalanarak açığa çıkmış olan CO_2 doğal döngü içerisinde fotosentezle tekrardan biyokütleye dönüşebilmektedir. Biyokütle kullanımı atmosferdeki CO_2 konsantrasyonunu değiştirmez ve fosil yakıtlarla kıyaslandığında temiz bir enerji kaynağıdır (Saraçoğlu 2008).

Biyokütle, enerjisini güneşten almakta ve bitkiler de güneş ışığını fotosentez ile absorblamaktadır. Güneş ışığı ile hava, su ve topraktan gelen besinler ile karbonhidrat gibi şekerler üretmektedir. Bu olay Şekil 3.2'de de gösterilmiştir. Biyokütle az bir zamanda bile çok üretilen yenilenebilir enerji kaynağıdır (Baumann vd 2012).



Şekil 2.1. Fotosentez (Baumann vd 2012)

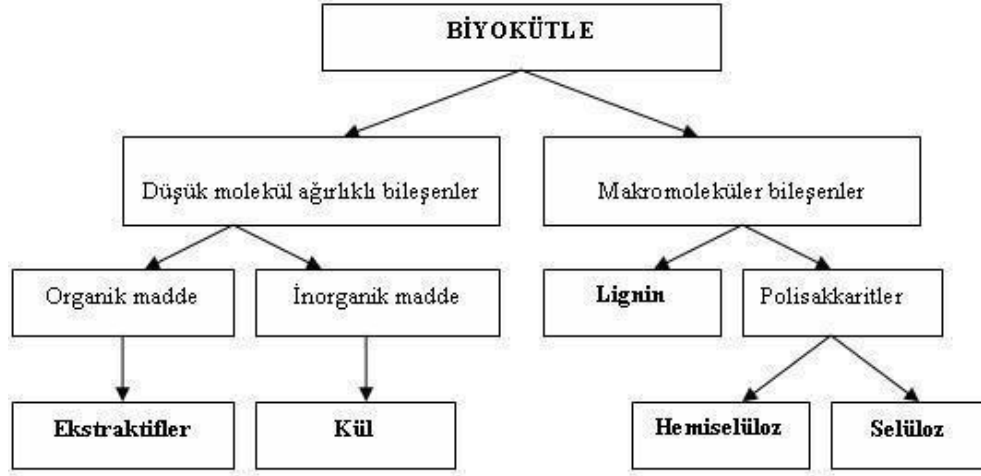
Biyokütlenin yanması ile öncelikle CO_2 ve daha sonra bu CO_2 ise doğal döngüye katılarak fotosentezle tekrardan biyokütleye dönüşmektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.2. Doğal biyokütle çevrimi (Anonim 2009)

2.2 Biyokütlenin Yapısı

Biyokütle ve katı fosil yakıtların kimyasal bileşenleri birbirlerinden farklıdır (Mohan 2006). Biyokütle selüloz, hemiselüloz, lignin ve ana bileşenlerden oluşmaktadır (Vassilev 2012). Organik olan bu kompleks bileşikler biyokütlenin yaklaşık %90-95'ini oluşturmaktadır (Şekil2.3). %5-10 oranında ağırlıkça düşük molekül ağırlıklı inorganik ve organik ekstraktifleri içerir (Anonim 2006).



Şekil 2.3. Biyokütlenin temel bileşenleri (Mohan vd 2006)

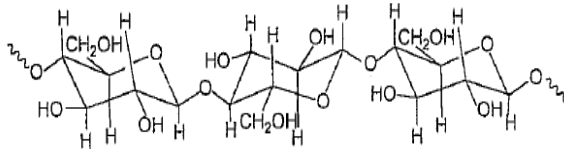
Selüloz, hemiselüloz ve ligninin biyokütle içerisindeki ağırlık yüzdeleri farklı biyokütlelere göre değişebilmektedir. Bazı biyokütle türlerinin lignoselüloz içerikleri Çizelge 2.1'de verilmiştir (Mohan vd 2006).

Çizelge 2.1. Bazı biyokütle türlerinin tipik lignoselüloz içerikleri (Mohan vd 2006)

Biyokütle Türü	Hemiselüloz	Selüloz	Lignin
Bahçe çimleri	40,0	32,0	4,7
Pirinç samanı	27,2	34,0	14,2
Huş odunu	25,7	40,0	15,7

2.2.1 Selüloz

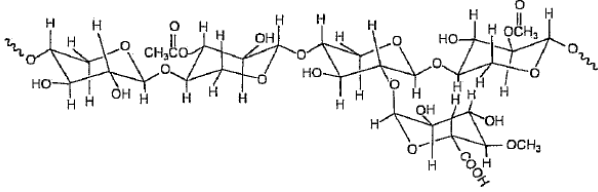
Selüloz, uzun zincirli doğal polimerlerden oluşur ve doymuş bir polisakarittir. $(C_6H_{10}O_5)_n$ formülü ile simgelenmektedir (Şekil.2.4).



Şekil 2.4. Selülozun kimyasal yapısı (Morf 2001)

2.2.2 Hemiselüloz

Hemiselüloz $(C_5H_8O_4)_n$, ksiloz, glukoz, galaktoz, arabinoz, ksilan gibi değişik polimerleşmiş monosakkaritlerden oluşan kompleks bir karışımdır (Şekil 2.5).

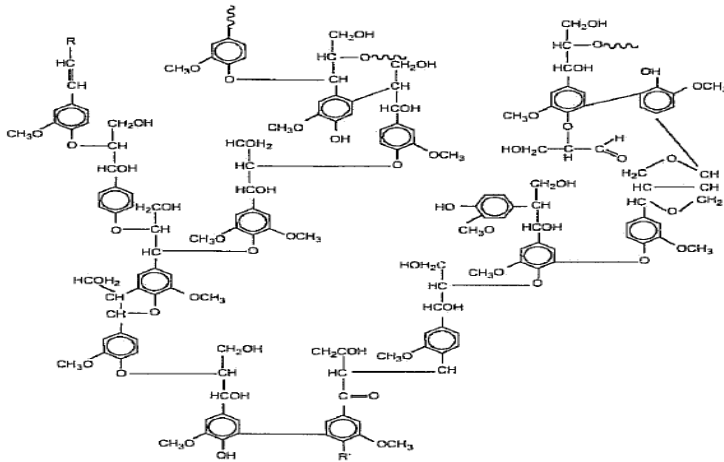


Şekil 2.5. Hemiselülozün kimyasal yapısı (Morf 2001)

Hemiselülozün, selülozla karşılaştırıldığında kolay bozulan ve ısı dayanıklılığı az olan bir biyokütle bileşenidir. Isıl bozunmaya $250-350^{\circ}C$ 'de uğrar ve uğradığında ise yüksek miktarlarda yanmayan gazlar ve az oranlarda da katran oluşumuna sebep olabilmektedir. Kimyasal yapısında bulunan birçok su molekülü nedeniyle, selüloza göre yanma ısı daha düşüktür (Young 1992).

2.2.3 Lignin

Selülozdan sonra biyokütlenin yapısında en fazla bulunan bileşiktir (Şekil 2.6). Hücre çeperindeki görevi, yapıştırıcı özelliğinin bulunmasından ötürü, selüloz liflerini birbiri ile bağlı tutmaktır (Sjostrom 1993).



Şekil 2.6. Ligninin kimyasal yapısı (Morf 2001)

2.2.4 Ekstraktifler

Ekstraktifler, biyokütlenin yapısında bulunurlar. Organik ekstraktifler su veya alkol gibi polar veya toluen, heksan gibi apolar çözücüler ile biyokütleden özütlenirler (Mohan 2006).

2.2.5 Kül

Yanma olayından sonra, inorganik kısımdan geriye kalan kısım “kül” olarak adlandırılmaktadır. Biyokütlenin yapısında bulunan inorganik kısımlar, Na, K gibi alkali metaller, Mg, Ca gibi toprak alkaliler ve S, Cl, N, P, Si, Al içeren diğer bileşenler ile ağır metallerden (Cd, Zn, As, Pb, Cu, Hg) oluşur (Vigouroux 2001).

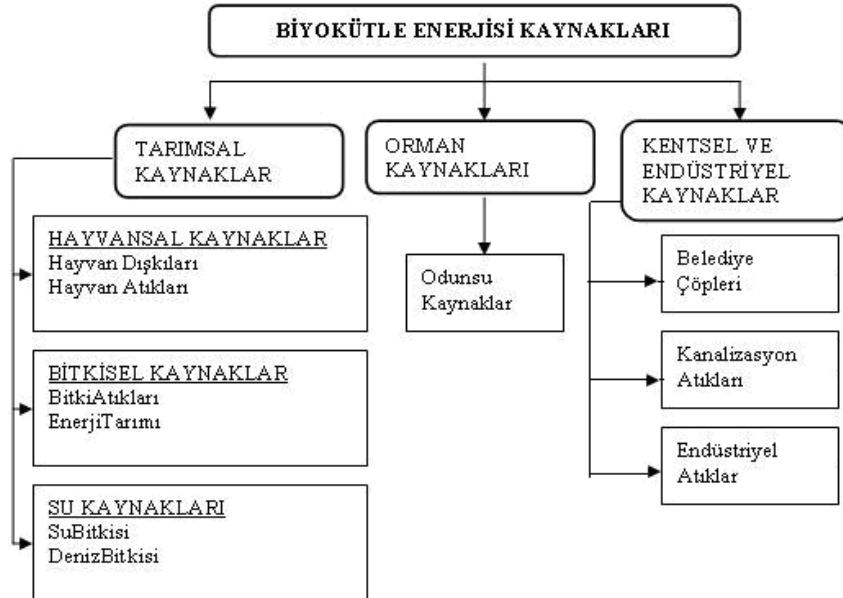
2.3 Biyokütle Kaynakları

Oksijen bakımından zengin ve düşük ısıl değere sahip olan biyokütle, kuru ağırlık olarak yaklaşık %88-99,9 aralığında organik bileşiklerden oluşmaktadır. Bazı biyokütle çeşitleri Şekil 2.7’de görülmektedir.



Şekil 2.7. Başlıca biyokütle çeşitleri (Olgun 2005)

Biyokütle çeşitlerine örnek olarak ağaçlar, mısır, buğday gibi özel yetiştirilen bitkiler, yosunlar, denizlerdeki algler, meyve sebze artıkları gibi tüm organik çöpler, hayvan dışkıları, gübre ve gıda sanayi atıkları sayılabilir (Olgun 2005). Biyokütle enerji kaynakları ise tarımsal kaynaklar, orman kaynakları, kentsel (belediye çöpleri, kanalizasyon atıkları) ve endüstriyel kaynaklardır. Şekil 2.8’de biyokütle enerjisi kaynakları gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Biyokütle enerjisi kaynakları (Demirtaş 2010)

Tarımsal atıkların kullanımı yakıt elde edebilmek için önemli bir potansiyel kaynaktır. Etanol üretiminde ayçiçeği, mısır, pamuk, ekin sapları kullanılmakta ve bunlar tarımsal atıklar olarak sıralanabilir. Özellikle biyodizel eldesi için yağlı çekirdekler ekilmektedir. Kanola, soya çekirdeği, ayçiçeği gibi bitkiler temel yağlı atıkları oluşturmaktadır. Biyodizel üretimi için atık yağların kullanılması da uygundur ve evsel atık yağlarında bu amaçla kullanımı önem kazanmıştır (Benk 2003).

2.4. Biyokütle Potansiyeli

Biyokütle dünya enerji ihtiyacının %14'ünü karşılar. Gelişmekte olan ülkelerde ucuz ve bol olmasından dolayı bu oran artmakta ve %40'lara kadar varmaktadır. Çevreye duyarlı olmasından gün geçtikçe önem kazanmaktadır (Tsai vd 2007). Biyokütle yüksek nem içeriğine ve düşük enerji içeriğine sahiptir. Bu sebeplerden dolayı direkt kullanım da uygun değildir. Taşınabilir sıvı yakıtı dönüşürülüp kullanımı daha uygun olmaktadır (Zhong ve Wei 2004).

Enerji talebinde ki artış ve buna bağlı fosil yakıtların da azalması, çevre bilincinin oluşmasıyla gelecekte kullanılacak enerji türü için yenilenebilir enerjilerin kullanımını ön plana çıkarmaktadır (Garg 1998).

Sanayileşmiş ülkelerde enerji tüketiminin %3'ü biyokütle tarafından karşılanmaktadır. Dünya nüfusunun yaklaşık olarak %50'sini gelişmiş ülkeler oluşturmakta ve kırsal kesimlerde yakıt türü olarak kullanılan kaynak odundur. Gelişmekte olan ülkeler için birincil enerji tüketimindeki paya bakıldığında bu oran biyokütle için %53, dünya birincil enerji tüketimindeki payın ise %14 olduğu görülmüştür (Ramage 2000, Demirbaş 2000).

Biyokütle veriminin artırılmasıyla beraber üretim maliyetlerinin düşürülmesi, kalıntıların kullanılmasını sağlamak, dönüşüm verimlerini geliştirmek, fosil yakıtlarla olan rekabete girebilmesi ve ekonomik anlamda değerinin yükseltilmesi hedefleri mevcuttur (Demirbaş 2001).

2.5 Biyokütleyle Uygulanan Dönüşüm Prosesleri

Biyokütle, farklı süreçlerle yararlı enerji şekillerine dönüştürülebilir. Dönüşüm süreçlerini etkileyen parametreler biyokütlenin miktarı ve türü, enerji şekli, çevresel standartlar, ekonomik şartlar ve uygulanacak projenin özellikleri olarak sayılabilir. Biyokütleden enerji eldesi için termokimyasal ve biyokimyasal yöntemler kullanılmaktadır (Mckendry 2002).

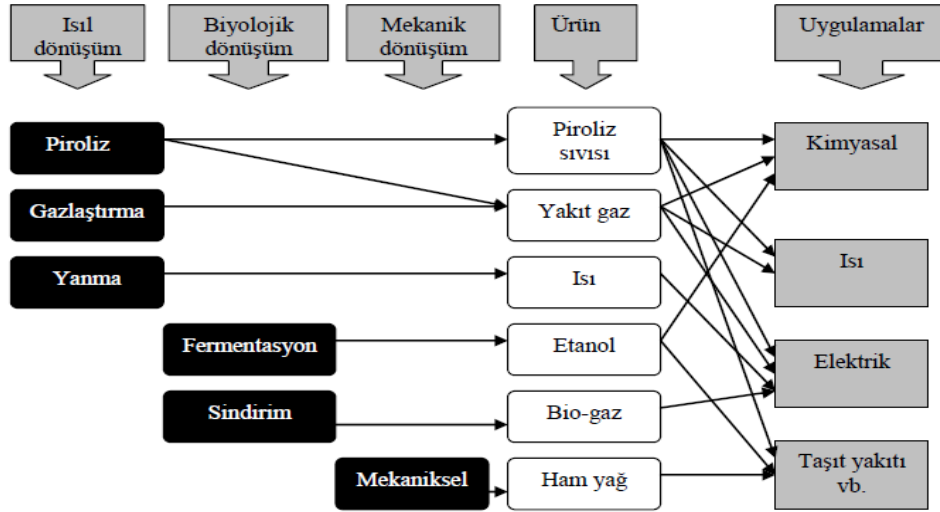
Termokimyasal ve biyokimyasal süreçler arasında karşılaştırma yapıldığında termokimyasal yöntemin avantajlı olduğu sonucuna varılmaktadır. Süre olarak kıyaslandığında termokimyasal yöntemler dakikalar ve hatta saniyeler bazında ölçülüp çok sayıda karmaşık ürünler oluşurken, biyokimyasal yöntemlerde ise reaksiyon süreleri saatleri, günleri, haftaları ve hatta yılları da bulurken ürün eldesi olarak etanol, biyogaz (yaklaşık %60 metonal içeriği) gibi sadece birkaç çeşitte ürün oluşumu görülmektedir. Biyokütleyle uygulanan termokimyasal yöntemler temel anlamda yanma, gazlaştırma, sıvılaştırma ve pirolizdir (Bridgwater 2006).

6. Biyolojik Süreçler

Biyolojik süreçler, aerobik ve anaerobik parçalanma olarak iki çeşittir. Aerobik bozunma geleneksel gübre üretim amaçlı ve kirliliğin azaltılması için kullanılmaktadır. Aerobik bozunma hammaddeye uygulanabilir fakat düşük enerji verimi sağlar. Anaerobik şartlar sağlanarak, bitkisel ve hayvansal atıkların hammadde olarak kullanılması ile metan (CH₄) ve CO₂ karışımı biyogaz elde edilmektedir. Tarımsal ve endüstriyel biyokütle atıkları ve bunlardan arta kalan kalıntılar özellikle anaerobik parçalanma için kullanılmaktadır. Sonuçta elde edilen biyogaz kalite ve verimliliği, hammadde çeşidi, bozunma sıcaklığı ve kalış süresi gibi parametrelere bağlıdır. Bu süreç için hammaddelerin bazıları için ön işleme gerek olmamaktadır. Bazı maddelerden elde edilen biyogaz incelendiğinde %50 oranına yakıt CO₂ ve H₂S gibi gazlarda içerir. Hindistan'da ve Çin'de insan ve hayvan atıkları üzerine çalışılan birçok basit yapıda biyogaz tesisleri inşa edilmiştir (Matthew 1989).

7. Termokimyasal Dönüşüm Yöntemleri

Termokimyasal süreçlerin amaçları arasında kararlı özellikli, kolay depolanan ve taşınabilir özellikli yakıtlara ulaşmak vardır. Isıl işlem uygulanarak karbon ihtiva eden biyokütle yükseltgenerek katı, sıvı ve gaz ürünler meydana gelir. Bu süreçte sıcaklık, ısıtma hızı, biyokütleye uygulanan sürecin çeşidi ve özellikleri önemlidir. Birincil olarak doğrudan elde edilen ürünler, ham olan biyokütleden daha kullanışlıdır. Birincil ürünler daha verimli olan ikincil ürünlere dönüştürülerek kullanılabilir (Bridgwater 1994).



Şekil 2.9. Biyokütleye uygulanan dönüşüm prosesleri, ürünler ve uygulamaları (Bridgwater 2006).

Ürün kalitesini, bileşimini ve verimini etkileyen etmenler bulunmaktadır. Bunlar katalizör kullanımı, temas süresi, besleme çeşidi, hammadde türü, ısıtma hızı, partikül boyutu, reaktörün tipi, reaktör içerisinde bekleme süresi ve sıcaklıktır (Bridgwater 1994). Sıvı ürünlerin taşıma ve depolama olarak maliyet düşüklüğü ve ayrıca yüksek enerji yoğunluğu daha çok tercih edilmesine sebeptir. Sıvı ürünler

biyoyağ olarak isimlendirilirler. Sıvı ürün (biyoyağ) iyileştirme teknikleri ile hidrokarbon yakıtlara dönüştürülebilir (Şekil 2.9) (Bridgwater 1999).

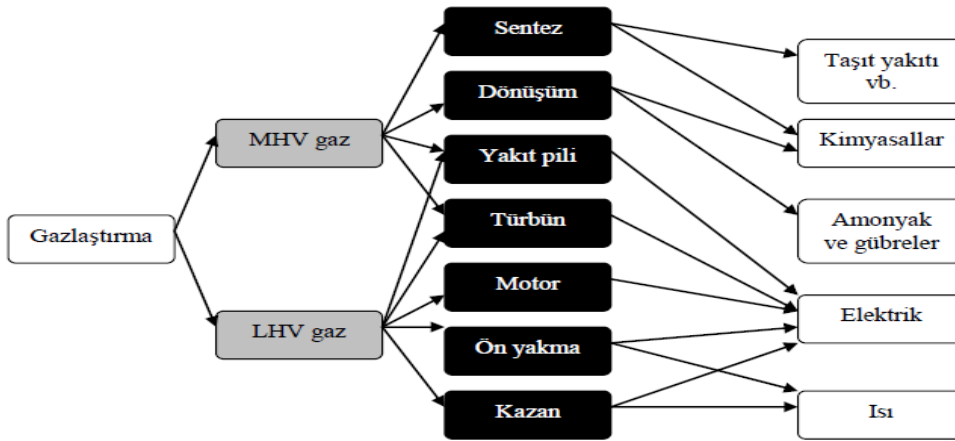
1. Yanma

Biyokütleden ısı üretmek amacı ile yakılması çok eski bir tekniktir. Yanma ile biyokütle enerjisi ısıya, mekanik güce veya elektriğe dönüştürülebilir. Dönüşüm verimleri %20-40 olarak değişmektedir (Akgül 2003). Hammaddenin doğrudan yakılması için kuru ağırlığı %85'den daha az olması gerekir. Islak maddelerin yanması da söz konusu olsa da yanma sırasında olduğundan daha fazla enerji gerektireceğinden dolayı kuru maddeler tercih edilir (Matthew 1989).

Biyokütle ısı ile CO₂ ve H₂O'ya dönüşür. Nem içereği fazla olan biyoküteller biyokimyasal yöntemler için daha uygun olabilmektedir. Yanma ekzotermiktir. Biyokütlenin yanması sonucu yaklaşık olarak 800-1000°C sıcaklıkta sıcak gaz çıkar. Yüksek verim sağlamak için co-combustion olarak isimlendirilen kömür ve biyokütlenin beraber ısı işleme tabi tutulduğu tesisler vardır. Beraber yakılması ile daha yüksek dönüşüm elde edilmektedir (McKendry 2002). Ön işlem olarak biyokütle yanma işlemine tabi tutulmadan önce kurutma, doğrama, öğütme gibi işlemler yapılması maliyette artışa ve enerji tüketiminin fazla olmasına neden olmaktadır (Goyal vd 2008). Biyokütlenin yakıt amacı ile kullanımlarındaki dezavantaj, fosil yakıtlarla kıyaslandığından enerji yoğunluğunun yüksek olmamasıdır (Matthew 1989).

2. Gazlaştırma

Karbon içeren maddelerin yakıt elde etmek amacıyla gaza dönüştürülmesi için katı yakıtın belirli miktarlardada oksijen veya hava ile tepkimeye girdiği yaklaşık 800-900°C yüksek sıcaklığa sahip bir süreç olarak adlandırılır (Şekil 2.10) (Bridgwater 1991). Gazlaştırma sürecinde gaz ürün verimi önemlidir. Hammaddenin kuru olması istenmektedir. Oksijen gazlaştırma da diğer proseslere göre daha nemli hammaddelerin kullanımı da uygun olabilmektedir (Matthew 1989, Küçük 1997).



Şekil 2.10. Biyokütle gazlaştırma sistemleri için uygulamalar (MHV; orta ısıl değer 15 MJ/Nm³, LHV; düşük ısıl değer 5 MJ/Nm³) (Bridgwater 2006).

3. Sıvılaştırma

Yüksek basınç ve düşük sıcaklık altında, katalizör kullanılarak gerçekleşen termokimyasal bir yöntemdir (Akgül 2003). Sıvılaştırma yöntemi ile biyokütleden, optimum değerler sağlandığında (basınç, sıcaklık, sulu ortam, katalizör gibi) %2-10 gaz, %50-80 sıvı ürün, %5-10 katı ürün elde edilebilmektedir (Bridgewater ve Bridge 1991).

Sıvılaştırma sürecinde hammadde kurutulması gerekli değildir. Piroliz sıvısı ile karşılaştırma yapıldığında sıvılaştırmadan elde edilen sıvı ürün daha kararlı, oksijen içeriği daha az ve hidrokarbon üretmek için saflaştırmaya gerek görülmemektedir. Sıvılaştırma işlemi yüksek kısmi basınçlı ortamlarda gerçekleştirilir. Yüksek basınç kullanımını maliyetin artmasına ve biyokütlenin besleme işleminin zorlaşmasına ve çözücü ve katı-sıvı ürününün ayrılma zorluğuna sebep olacağından dezavantajlı faktörler arasındadır (Meier 1991).

4. Piroliz

Piroliz oksijen bulunmayan (havasız) ortamda organik maddelerin belirli yüksek sıcaklıklıklarda ısıl olarak bozundurulma işlemidir. Biyokütleden ikincil yakıtların üretimi ve kimyasal ürün eldesi için kullanılır (Bridgewater 2003).

Oksijen olmayan ortamda biyokütleden organik moleküllerin parçalanmasıyla organik uçucular oluşmaktadır. Kimyasal bağların bu ortamda ısıl bozunması ile gerçekleşmektedir. Özellikle petrol krizinin meydana geldiği dönemde biyokütle ve talaşın sıvılaştırılma ve gazlaştırılması ile piroliz önemli olmuştur. Piroliz işlemi sonucu katı, sıvı ve gaz ürünler meydana gelir. Elde edilen sıvı ürün biyoyadır. İçerisinde organik bileşikler bulunmaktadır. Doğrudan kullanım için uygun olmamaktadır. Elde edilmek istenen katı, sıvı veya gaz ürünün veriminin hangisinin fazla olacağı biyokütle türü, süreç parametreleri ve kullanılacak reaktör tipine bağlı olarak değişir (Üçgül ve Akgül 2010). Piroliz yöntemi uygulanarak katı, sıvı ve gaz ürünler elde edilir ve herbiri için hangisinin veriminin yüksek olacağı proses sırasında uygulanacak proses koşullarının uygun şekilde sağlanması ile ilgilidir.

Biyoyağ eldesi için en uygun yöntem pirolizdir. Biyokütlenin pirolizi 350-550°C'de başlar 700°C'ye kadar sürer. Sonucunda biyoyakıt, gaz, katı ürünler meydana gelir (Goyal vd 2008). Piroliz işlemi yaklaşık 500-800°C'de gerçekleşir. 300°C'de sıvı ürün oluşmaya başlayıp 550-600°C'ye kadar devam eder. Sıcaklık 900-1000°C'ye geldiğinde gaz ürün çıkışı gerçekleşir. Karbonizasyon aşaması üç bölümden oluşur. Düşük sıcaklık karbonizasyonu; sıcaklık değerinin 600°C'ye, orta sıcaklık karbonizasyonu; 900°C'ye, yüksek sıcaklık karbonizasyonu ise; 900°C'den yüksek olan işlemlerin olduğu sıcaklık aralıkları olarak ifade edilebilir (Bridgewater 1999). Katı, sıvı ve gaz ürün miktarları piroliz türüne ve tepkime parametrelerine bağlıdır (Buekens 1986).

Lignoselülozik maddeler karışık bir yapıya sahip olup bileşenlerini ekonomik anlamda ayırmak güçtür. Enerji üretmek amacı ile kullanımında sorunlar ortaya

çıkılmaktadır. Lignoselülozik maddeleri diğler türden maddelere dönüştürmek için bilinen eski ve en basit yöntem pirolizdir (Skodras vd 2006).

Biyokütlenin ihtiva ettiğı enerji miktarının önemli olmasının yanısıra nem içeriğı, selüloz/lignin oranı ve kül içeriğı de aynı şekilde önemli özelliklerdendir. Nem içeriğı olmayan kuru (odun gibi) biyoküteller yanma ve gazlaştırma gibi termokimyasal yöntemler için daha uygundur. Yüksek nem içerikli (>%50) biyoküteller (şeker kamışı gibi), fermantasyon ya da anaerobik çürütme gibi ıslak dönüştürme prosesleri için daha uygundur (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2. Dönüştürme prosesleri, teknik çözümleriyle son ürün oluşumu (Arslan 2007)

Dönüştürme Prosesi	Teknik Çözümler	Son Ürünler
Termokimyasal Prosesler	Yakma	Buhar
		Proses ısısı
	Gazlaştırma	Elektrik enerjisi
		Buhar
	Piroliz	Proses ısısı
		Elektrik enerjisi
Yakıt gazı metan		
Odun kömürü		
Biyokimyasal Prosesler	Fermantasyon	Biyokömür
		Yakıt gazı
	Anaerobik Çürütme	Etanol
		Sulama suyu
		Kompost
		Biyogaz

2.8 Piroliz Yöntemleri

Piroliz yöntemleri geleneksel, hızlı ve flash (ani) piroliz olarak ayrılmaktadır.

2.8.1 Geleneksel piroliz

Geleneksel piroliz eskiden beri uygulanan bir yöntemdir. Kullanım amacı genellikle odun kömürü elde etmektir. Odunun yavaş pirolizinde biyokütle 500°C civarında ısıtılır ve buhar alıkonma süresi de 5-30 dak arasında değışir. Yavaş pirolizde hızlı pirolizde uygulandığı gibi buharın hızlı bir şekilde ortamdan uzaklaştırılması istenmez ve böylelikle buhar fazındaki tüm bileşenler bütünüyle odun kömürü oluncaya dek birbirleri ile reaksiyona girmeye devam ederler. Isıtma hızı da hızlı pirolize oranla daha yavaştır (Yaman 2004, Mohan vd 2006, Bridgwater 2006).

2. Hızlı piroliz

Önceki yıllarda piroliz yavaş ısıtma hızı ile katı ürün eldesi amacı ile kullanılmaktaydı. Daha sonra ise sıvı ürün eldesi yüksek ısıtma hızına çıkılarak gerçekleştirilmeye başlandı. Yüksek kalitede ve verimde biyoyakıt elde edebilmek için hızlı piroliz kullanımı uygundur. Akışkan yataklı reaktörlerde, yüksek ısıtma hızında, kolay ürün ve kontrol ile ürün eldesi başarılı bir şekilde tamamlanabilmektedir (Goyal vd 2008).

Hızlı pirolizde ham maddenin kurutulması, parçacık büyüklüğü, kullanılan ısının kaynağı, ısı transferi, ısıtma hızı, sıcaklık, buharın alıkonma zamanı ve parçacık boyutu gibi bileşenler ve parametreler belirlenmelidir (Mohan vd 2006).

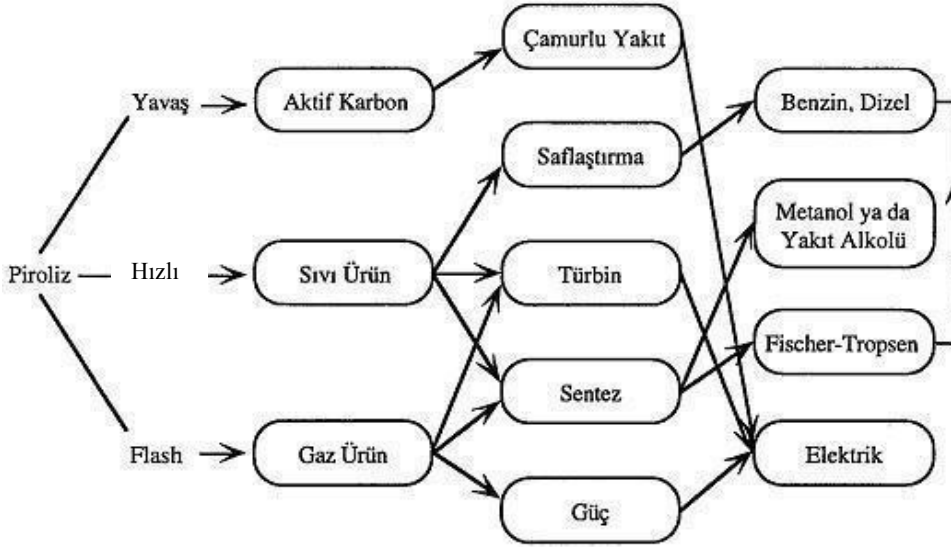
Hızlı piroliz, kısa alıkonma süresi, yüksek sıcaklık ile sıvı ürün elde etmek amacıyla tercih edilen bir yöntem olmuştur. Biyokütleyle belirli bir ortalama sıcaklıkta, hızlı bir şekilde ısıtılma işlemi yapılmalıdır. Piroliz buharları ortamdaki hızlı bir şekilde uzaklaştırılıp soğutulursa ikincil reaksiyonların oluşması da en az olabilmektedir. Kuru biyokütleden ağırlıkça biyokütlenin %75'i kadar sıvı ürün verimi elde edilmektedir. Katı ürün verimi ise bundan aşağıda asgari düzeydedir. Üretilen gazın taşıyıcı gaz olarak kullanımı mümkündür (Bridgwater vd 2002).

3. Flash (Ani) piroliz

Süre olarak sadece birkaç saniye ya da daha az bir zamanda gerçekleşir. Isıtma hızı çok yüksek ve reaksiyon süresi ise sadece birkaç saniye kadardır. Flash piroliz için reaktörlerinde özel olması gerekmektedir. Bütün biyokütleler için flash piroliz hızlı ısıtma gerektiren bir piroliz çeşitidir (Goyal vd 2008). Sıcaklık değerlerine bakıldığında 500°C sıcaklıkta, çok hızlı ısıtma hızlarında ve kısa alıkonma sürelerinde gerçekleşmektedir. Sıvı ürün katran, biyoyakıt ya da biyo hamyakıt olarak adlandırılır ve istenirse hidrokarbon yakıtlarada dönüştürülmektedir (Bridgwater 1994).

2.9 Pirolizden Elde Edilen Ürünler

Pirolizden elde edilen birincil ürünler, işleme tabi tutulmadan kullanılabilir ve ayrıca iyileştirme tekniklerinden sonra ikincil ürünlere dönüştürülerek de kullanılabilir (Şekil 2.11) (Bridgwater ve Cottom 1992).



Şekil 2.11. Pirroliz dönüşümüyle elde edilen birincil ve ikincil ürünler (Bridgwater ve Cottom 1992).

Biyokütlenin pirolizinden elde edilen ikincil sıvı ürünler hem yakıt hem de elektrik üretme amacı ile kullanılabilirler (Bridgwater ve Bridge 1991).

1. Gaz ürün

Gaz ürün piroliz sonucu elde edilir. Doymuş ve doymamış hidrokarbon gaz karışımlarını ve ayrıca H₂, CO gibi gazları içerir. Bileşim olarak incelendiğinde ise H₂, CO₂, CO, CH₄, H₂O ve organik bileşiklerin buharlarından oluşmaktadır. Kullanım alanı olarak güç santrallerinde, ısıtma işlemlerinde, beslemenin kurutulmasında kullanılmaktadır (Bridgwater ve Bridge 1991, Mattucchi vd 1987). Gaz ürün, CO, CO₂ ve CH₄ içermektedir. Diğer bileşenler H₂, propan, propilen, bütan, büten, etan vb.'dir (Goyal vd 2008).

2. Katı ürün

Ağırlıkça %30-40'ı oranında ürün verimi sağlanmaktadır. Katı ürün, günler ya da saatler bazında süren reaksiyonla yavaş piroliz yöntemi ile elde edilmektedir (Beenockers ve Bridgwater 1989). Isıl değer 22-28 MJ/kg'dır. Biyokütleyle bağlı olarak kül içeriği de %2-20 arasında değişir. Hızlı veya flash piroliz yöntemleri tercih edildiği takdirde çok yüksek ısıtma hızlarında çok düşük katı ürün verimi elde edilebilmektedir. Metalurjide (bakır, bronz, çelik, nikel ve elektromanganez üretiminde), kimya endüstrisinde kullanım alanları vardır (Bridgwater ve Bridge 1991).

3. Sıvı ürün - biyoyağ

Elde edilen sıvının, biyoyakıt, biyo-ham yakıt, biyo yakıt odun sıvısı, odun distilatı, pirolitik katran gibi çeşitli isimleri vardır. Ham piroliz sıvısı koyu kahverengi ve kompleks bir yapıya sahiptir (Şekil 2.12). Yüksek miktarda su içeren bir sıvıdır. Dezavantajları ise asılı katı, alkali metaller, düşük pH, yüksek viskozite, su içeriği, yüksek sıcaklıkta bozunma gibi özelliklerinden ileri gelmektedir. Petrolden türeyen yakıtlar ile odun

pirolizinden elde edilen biyoyağ kıyaslandığında elementel bileşim olarak arada farklılıklar bulunmaktadır (Zhang vd 2006).



Şekil 2.12. Piroliz sıvısının genel görünümü

Biyoyağın içinde organik ve inorganik kısımlar vardır ve organik kısımlar aşağıda verilmiştir.

- Asitler: Formik, asetik, propanoik, hekzanoik, benzoik vb.
- Esterler: Metil format, metil propionat, butyrolactone, metil bütirat vb.
- Alkoller: Metanol, etanol, 2-propen-1-ol, izobütanol vb.
- Ketonlar: Aseton, 2-bütanon, 2 pentanon, 2-siklopentanon, 2,3 pentendion, 2-hekzanon, siklo-hekzanon vb.
- Aldehitler: Formaldehit, asetaldehit, 2-bütenal, pentanal, etandial vb.
- Fenoller: Fenol
- Alkenler: 2-metil propen, dimetilsiklopenten vb.
- Aromatikler; benzen, toluen, ksilen, naftelen, fenantren vb.
- Azotlu bileşikleri: Amonyak, metilamin, piridin, metilpridin vb.
- Furanlar: Furan, 2-metilfuran, furfural vb.
- Gayakoller: 2 metoksi fenol, 4-metil gayakol, etil gayakol vb.
- Şekerler: Levoglükosan, glükoz, fruktoz vb.

İnorganik kısım da Ca, Si, K, Fe, Al, Na, S, P, Mg, Ni, Cr, Zn, Li, Ti, Mn, Ln, Ba, V, Cl vb. bulunur (Goyal vd 2008).

Sıvı ürün, oksitlenmiş hidrokarbonların karmaşık bir karışımından meydana gelmiştir. Yakıt için uygun, petrol rafineri besleme hammaddesine karıştırılabilir özelliğe sahip veya katalizör kullanılarak iyileştirilip rafine yakıt üretimi için ya da kimyasal besleme hammaddesi olarakta kullanımı mümkündür. Biyoyağın tercih edilme sebepleri sıralanırsa bunlar; kalorifik değerinin yüksek olması, taşıma ve depolama açısından kolaylığı, azot ve kükürt içeriğinin düşüklüğü ve kimyasallara dönüştürülme olanağıdır (Park vd 2009). Biyoyakıtın kullanım alanları sıralanmıştır.

- Motor yakıtı; piroliz sıvısının uygun karışımını dizel motor yakıtı olarak kullanmak mümkündür. Piroliz yöntemi uygulanarak lağım atığından biyoyakıt elde edilmiş ve dizel yakıtlı motorlarda kullanımı uygun olmuştur.

- Enerji üretimi için tercih edilebilmektedir.
- Reçine ve kimyasalların üretimi; koruyucu madde olarak kullanımı vardır. Ahşap koruyucular buna örnek olarak verilebilir. Bunun yanısıra yapıştırıcılarda da kullanılabilir. Levoglukosan gibi anhidro-şeker üretimi için de olanak sağlar.

Biyoyakıtlar depolanabilir ve taşınabilir bu sebeple üretim yerlerine gereksinimi bulunmamaktadır (Goyal ve ark. 2008).

%35-40 oranında oksijen içeriği mevcuttur. 300'den fazla kimyasal içerir ve bu proses parametreleri ve biyokütle çeşidine bağlıdır. Oksijen içeriğinden dolayı hidrokarbon yakıtlar ve biyoyağ arasındaki farklar incelenip ele alınmıştır. Oksijen içeriğinin fazla olması enerji yoğunluğunun düşük olmasına neden olur. Asidik bileşiklerin fazla olması biyoyakıtın kararsız olmasına etkindir. Biyoyağın karışık yapısından dolayı kaynama noktaları geniş bir aralıkta değişim göstermektedir. Saflaştırma işlemi sırasında yavaş ısıtmadan dolayı bazı reaktif bileşenlerin polimerizasyonuna neden olmaktadır. Biyoyağ 100°C civarında kaynamaya başlar, 250-280 °C'de sona erer. Geride ise %35-50'lik katı atıklar kalır. (Oasmaa, 1999, Scholze 2001). Biyoyağ, asetik ve formik asitler, düşük pH (2-3) aralıklarına sahip karboksilik asitleri de ihtiva etmektedir. Asitlik özelliğinden ötürü biyoyağ aşındırıcıdır, keskindir ve serttir. Ulaşım amacı ile kullanımından önce iyileştirilmesi gerekmektedir (Sipilae vd 1998).

Bitkilerden elde edilen biyoyağ, saman, odun ve tarımsal atıklarla karşılaştırıldığında daha yüksek ısıl değerlere sahiptir (Beis vd 2002). Biyoyağa belirli miktarlarda su ilavesi yapılabilir fakat faz ayrımı olmaması için sıvıya eklenen suyun belirli bir limitte olması gerekir. Biyoyağ metanol, aseton vb gibi polar çözücüler ile karıştırılabilir (Sadaka 2009). Biyoyağın %25'i sudan oluşmaktadır. Bu su biyoyağdan kolayca ayrılamamaktadır (Bridgwater 2006).

2.10 Piroliz Ürün Verimini Etkileyen Parametreler

Piroliz sıcaklığı, ısıtma hızı, sürükleyici gaz akış hızı, basınç, parçacık boyutu, piroliz ortamı, katalizör, reaktörün geometrisi ve reaksiyon süresi ürün verimlerini etkileyen parametreler olarak sayılabilir. Bunun dışında biyokütle organik ve inorganik yapısı, nem içeriği, gözenekliliği, kül miktarı, uçucu bileşen miktarı, ısıl değeri, sabit karbon/uçucu madde oranı, selüloz/lignin oranında ürün verimlerini etkilemektedir (McKendry 2002, Klas 1998).

2.10.1 Piroliz sıcaklığının etkisi

Piroliz sıcaklığı ürün bileşim, dağılımını etkileyen çok önemli bir parametredir. Piroliz sıcaklığının artmasıyla sıvı ve gaz ürün miktarları artış gösterir ve katı ürün miktarı azalır (Probstein ve Hicks 1982).

2. Isıtma hızının etkisi

Isıtma hızı piroliz sisteminde biyokütlenin sıcaklığının artırılma hızı olarak tanımlanabilir. Isıtma hızının fazla olması elde edilen sıvı ürün miktarı da aynı oranda etkiler ve artırır (Uzun vd 2006).

Yüksek ısıtma hızı, kısa ve orta alıkonma süresi ve yüksek sıcaklık koşulunun sağlanması ile maksimum gaz ürün verimi elde edilir. Yüksek sıcaklığın aksine düşük sıcaklık kullanımı durumunda ise sıvı ürün için maksimum verim sağlanır (Bridgwater vd 2002).

3. Alıkonma zamanının etkisi

Piroliz sistemi içerisinde oluşan uçucuların alıkonma süresinin yükselmesi ile, gaz ürün verimi artmaktadır. Bu artışın sebebi birincil piroliz ürünlerinin parçalanma reaksiyonları ile ilgilidir. Uzun alıkonma sürelerinde uçucuların parçalanma reaksiyonları daha etkili olabilmektedir (Chen vd 2003).

4. Sürükleyici gaz akış hızının etkisi

Piroliz için önemli olan bir diğer etken sürükleyici gaz akış hızıdır. Sürükleyici gaz akış hızının yüksek olması ile piroliz buharları ortamdaki hızlı ayrılır ve ikincil reaksiyonlar gerçekleşmeden ortamdaki çıkar. Bunun sonucunda sıvı ürün verimi yüksek olur. Sürükleyici gaz akış hızının aşırı yüksek olması buharların hızlı bir şekilde soğutma sistemine girmesine ve bu buharların ortamda tutulma zorluğundan dolayı yoğunlaşmasının zorlaşması durumu meydana gelir. Piroliz işlemlerinde genellikle sürükleyici gaz olarak azot gazı kullanılır (Pütün vd 2005).

5. Basıncın etkisi

Basıncın uçucu verimini etkileyen bir parametredir. Yüksek basınç sıvı verimini düşürür, düşük basınç ise artırır. Yüksek basınç ile kraking reaksiyonları artar ve sonucunda uçucu hidrokarbon gazları da artış gösterir. Düşük basınç ile de katran ve hafif yağların verimleri daha fazladır (Bridgwater 1996). Basıncın etkisi, piroliz sıcaklığı yaklaşık olarak 350°C'nin üzerindeki sıcaklık değerlerinde görülebilmektedir (Sadaka 2009).

6. Katalizör etkisi

Katalizör kullanılmasıyla sıvı ürün verimi artmaktadır. Deneysel olarak gerçekleştirilen çalışmalarda kullanılan alkali katalizörler C-C bağlarını zayıflatır ve kararlı kimyasal yapıların oluşumunda engelleyicidir. Polimerik zincirlerin moleküller arası etkileşimlerinin zayıflamasına alkali katalizörler neden olmaktadır (Rustamov vd 1998).

Hızlı pirolizden elde edilen ürünleri yararlı ikincil ürünlere dönüştürmek amacı ile de katalizör kullanımı mümkündür. Doğal katalizörler kullanılarak yüksek verimde kimyasal ürünler elde edilmiştir. Doğal katalizörlerin kullanılmasıyla elde edilen yüksek

verimin yanısıra ortamdan uzaklaştırılması ürün verimini ve bileşimi olumsuz olarak etkilemiştir. Bu katalizörler yerine zeolit adı verilen katalizörlerin varlığında piroliz buharlarının katalitik olarak parçalanmasıyla, benzin ve dizel yakıt kaynama aralığında aromatik ve diğer hidrokarbon ürünleri elde edilebilmiştir (Bridgwater 1996).

7. Piroliz ortamının etkisi

Biyokütlenin pirolizi normal, sürükleyici gaz, subuharı ve hidrojen (hidropiroliz) ortamlarında yapılabilir. Sürükleyici gaz olarak ise N₂, He, Ar gibi gazlar kullanılmaktadır. Sıvı ürün verimi normal piroliz ortamına göre sürükleyici gaz ortamında daha çok artmaktadır. Sürükleyici gaz oluşan birincil piroliz buharlarını hızla ortamdan uzaklaştırıp, ikincil tepkimelerin oluşmasını önler (Sunol ve Sunol 1994).

8. Parçacık boyutunun etkisi

Piroliz işlemlerinde genellikle parçacık boyutunun 2 mm'nin altında olması verimi arttıran bir etkendir. Parçacık boyutu düşük olduğu zaman reaktörle arasında gerçekleşen ısı transferi daha etkin olabilmektedir. Parçacık boyutu ile ilgili literatürde birçok çalışma mevcuttur (Uzun vd 2006). Parçacık boyutu piroliz verimini etkileyen bir parametre olmakla beraber bu ısıtma hızıyla da ilgilidir. Büyük parçaların ısınması çok yavaştır ve bu sebeple de ortalama parçacık büyüklüğü sıcaklıkları düşük olmaktadır. Buna bağlı olarakta uçucu verimlerinin daha düşük olması söz konusudur. Parçacık boyutlarının yeterli seviyede küçük olması ile örneğin ısınması da mümkün olabilecektir (Probstein ve Hicks 1982).

11. Biyokütle Pirolizi ile İlgili Problemler

Biyoyağın değişkenliği, faz ayrımı ve konteynırların korozyonu biyokütle pirolizinde karşılaşılan problemlerdendir (Sadaka 2009).

1. Biyoyağ değişkenliği

Biyoyağ kararlı bir yapıda değildir. Piroliz sıvısı ve depolama ortamı arasında değişik reaksiyonlar oluşabilmektedir. Bu da sıvının molekül ağırlığı ile viskozitesini etkilemektedir.

2. Faz ayrımı

Biyoyağ değişken miktarlarda su içerir. Biyoyağa eşit miktarda su ilavesi ile, yüksek moleküler ağırlıklı, büyük aromatik bileşenler çöktürebilir. Hammaddenin hemiselüloz içeriğinden türetilmiş organik asitlerin bulunmasından dolayı piroliz sıvıları oldukça aşındırıcı olabilmektedirler.

3. Konteynerlerin korozyonu

Biyoyağ içerisinde asit, önemli miktarda su ve metal iyonları bulunmaktadır. Piroliz reaktörü metalden yapılmış ise, önemli miktarda metal biyoyağ içerisinde bulunabilir (Sadaka 2009).

12. Katalitik Piroliz

Biyokütle sıvı yakıt üretmek için tükenmeyen bir potansiyeldir. Fermantasyon, piroliz, sıvılaştırma, gazlaştırma gibi gerçekleştirilen tüm yöntemlerin amacı sıvı içerisindeki yüksek oksijeni uzaklaştırmak ve hidrojenle zenginleştirerek sıvı ürün verimini arttırmaktır (Haag vd 1980).

Oksijen oranı yüksek olan pirolitik sıvıların benzin ya da dizel yakıt olarak kullanımı için iyileştirme işleminin yapılması gereklidir. İyileştirme için iki yöntem mevcuttur. Birincisi hidrojenleme ile muamele diğeri ise zeolit teknolojisi ile sıvı yakıt üretimidir (Bridgwater ve Bridge 1991).

1. Hidrojenle zenginleştirme

Oksijen miktarının uzaklaştırılması ve yapıdaki oksijenin su olarak ortamdan kısmen de olsa uzaklaştırılması için hidrojenle zenginleştirme yapılmaktadır (Soltes 1998).

2. Zeolit katalizörü ile parçalama

Zeolit katalizörü kullanımı iyileştirme için uygundur. Çok büyük miktarlarda oksijen içeren bileşikler Zeolite Socony Mobil-5 (HZSM-5) kullanılarak, sıvı hidrokarbonlara dönüştürülebilmektedir.

13. Kaynak Taramaları

Thangalazhy-Gopakumar vd (2010) çam talaşının hızlı pirolizi ile yüksek verimde sıvı ürün elde etmişlerdir. Piroliz sıcaklığının, alıkonma zamanının, hammadde çeşidinin ve nem içeriği gibi proses parametreleri ile üretilen biyoyakıtın kalitesine ve verimine olan etkisini araştırmışlardır. Sonuç olarak elde edilen biyoyakıtın bileşiminde 32 farklı kimyasalın bulunduğu tespit edilmiştir. Fenol ve fenol türevlerinin derişimleri piroliz sıcaklık artışıyla yükselmiş, sıcaklık artışıyla pH değeri düşmüş, diğeri asitlerin derişimi sabit kalmış veya sıcaklık artmasıyla yükselmiştir.

Karagöz vd (2005) çam talaşı, pirinç kabuğu, lignin ve selülozun sıvılaştırılması ile elde edilen biyoyakıt bileşimlerinin analizini gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen sıvı ürünlerin GC-MS analizi ile karakterizasyonu yapılmıştır. En yüksek dönüşüm selülozun pirolizinde elde edilmiştir (%70). Biyokütle bileşenlerinin dönüşüm sırası; selüloz > çam talaşı > pirinç kabuğu > lignin'dir. Toplam biyoyakıt verimi ise; çam talaşı (%8,6) > pirinç kabuğu (%8,3) > lignin (%3,9) > selüloz (%3,2) olarak bulunmuştur.

Zheng vd (2006) pirinç kabuğu ve talaşın ısı süreçleri ile sıvı yakıtlara dönüştürülmesi işlemini 420-540°C, akışkan yatak reaktörü, taşıyıcı azot gazı şartlarında biyoyağ elde etmişlerdir. Pirinç kabuğu için 460°C'de %56, talaş için 490°C'de %61, pirinç kabuğu ve talaş karışımları için ise 475°C'de %60 verim elde edilmiştir. Elde edilen sıvı ürünlerin GC-MS analizleri yapılmış ve sonuca göre sıvı yakıtın su, asitler ve heterosiklik madde ve karmaşık organik bileşikler içerdiği

saptanmıştır. Biyoyağın, iyileştirme yapılmadan direkt yakıt olarak fırınlarda ve ısıtıcılarda ve rafine edildikten sonra ise taşıtlarda kullanılabileceğini kanıtlamışlardır.

Kanmaz (2011) tarafından yapılan çalışmada çam talaşının hızlı pirolizine, çeşitli piroliz parametrelerinin (reaksiyon süresi, piroliz sıcaklığı, ısıtma hızı, sürükleyici gaz akış hızı ve parçacık boyutu) etkisi araştırılmıştır. Maksimum sıvı ürün verimi, 5 dak reaksiyon süresinde, 500°C piroliz sıcaklığında, 300 °C/dak ısıtma hızında, 400 cm³/dak azot akış hızında ve 0,85 > Dp > 0,6 mm parçacık boyutu aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Bu koşullarda elde edilen maksimum sıvı ürün verimi %42,09 olarak bulunmuştur. Çalışmanın bir diğer bölümünde ise, elde edilen sıvı ürünün kalitesini arttırmak için çam talaşının katalitik pirolizi gerçekleştirilmiş; ve katalizör cinsinin ve sıcaklığının ürün verimlerine ve bileşimlerine olan etkisi araştırılmıştır. Çeşitli spektroskopik ve kromatografik yöntemler kullanılarak, elde edilen piroliz sıvı ürünlerinin karakterizasyonu yapılmıştır.

Heo vd (2010) mobilya atık talaşlarından akışkan yatak reaktörde hızlı piroliz yöntemi ile biyoyağ elde etmişlerdir. Sonuçlara göre biyoyakıt üretiminde, optimum sıcaklık 450°C ve optimum parçacık boyutu 0,7 mm olarak bulunmuştur. Aşırı küçük ve büyük parçacık boyutlarının biyoyakıt ürünlerini negatif yönde etkilediği, yüksek akış hızı ve yüksek besleme hızının biyoyakıt üretiminde verimi arttırdığı da tespit edilmiştir.

Aho vd (2008) çam talaşının 450°C'de, akışkan yatak reaktöründe katalitik pirolizini gerçekleştirmişlerdir. Reaktör içerisinde katalizör olarak farklı yapılarıdaki asidik zeolitler kullanılmıştır. Katalizörsüz piroliz deneylerinde referans madde olarak kuvars kumu kullanılmış, katalitik piroliz deneylerinde ise proton formundaki β , γ , ZSM-5 ve Mordenit katalizörleri kullanılmıştır. Yapılan çalışma sonucu elde edilen biyoyakıtın kimyasal bileşiminde değişimler görülmüş ve bu değişimlerin asidik zeolit katalizörlerinin yapılarına bağlı olduğu görülmüştür. Biyoyakıt içerisinde en fazla bulunan bileşiklerin ketonlar ve fenoller olduğu tespit edilmiş ve ZSM-5 katalizörüne bakıldığında diğer katalizörlere oranla ketonların oluşumu daha yüksek, asitlerin ve alkollerin oluşumunun ise daha düşük olduğu saptanmıştır.

Tsai vd (2007) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise laboratuvar ölçekli bir hızlı piroliz sistemi kullanılmıştır. Bu çalışmada tarımsal bir atık olan pirinç kabuklarının pirolizi gerçekleştirilmiştir. Ürün verimleri ve kimyasal bileşimleri üzerine piroliz sıcaklığı, alıkonma zamanı, sürükleyici gaz akış hızı, yoğunlaştırma sıcaklığı ve parçacık boyutu gibi parametrelerin etkileri araştırılmıştır. En uygun piroliz şartlarında elde edilen sıvı ürün veriminin %40 olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sıvı ürünlerin yapısını anlayabilmek için elementel, kalorifik, kromatografik ve spektroskopik yöntemler gerçekleştirilmiştir.

Rutrowski (2009) tarafından yapılan çalışmada, çam ağacı talaşının polistiren ve polipropilen ile birlikte pirolizi yapılmış ve elde edilen biyoyakıtın kimyasal yapısı üzerine ZnCl₂ etkisi incelenmiştir. Piroliz işlemi 450°C sıcaklıkta ve 5 °C/dak ısıtma hızında gerçekleşmiştir. Piroliz sonucu elde edilen sıvı ürünlerin verimi, ağırlıkça %37-91 arasında tespit edilmiştir. Biyoyakıtın yapısının ve kalitesinin, karışımın bileşimine ZnCl₂ eklenmesi ile ilgili olduğu bulunmuştur. Elde edilen biyoyakıtın, FT-IR ve GC-

MS ile analizleri yapılmıştır. Sıvı veriminin karışım içindeki polistiren oranının da artmasıyla yükseldiği gözlemlenmiştir. Odun/polistiren karışımından elde edilen biyoyakıtın yüksek karbon içeriği ve düşük oksijen içeriğine, odun/propilen karışımının pirolizinden elde edilen biyoyakıtın ise zengin hidrojen içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Odun-sentetik polimer karışımlarına $ZnCl_2$ ilavesi ile biyoyakıtın karbon içeriğinin yükseldiği görülmüştür.

French ve Czernik (2010) çalışmalarında piroliz buharlarının katalitik olarak iyileştirilmesini, oksijenin uzaklaştırılmasını ve hidrokarbon dönüşümünün artırılması üzerine çalışmışlardır. Selüloz, lignin ve odunu biyokütle kaynakları olarak seçmişlerdir. Katalizör kullanarak 400-600°C arasındaki sıcaklıklarda ve ağırlıkça 5-10 katalizör/biyokütle oranlarında piroliz deneyleri gerçekleştirmişlerdir. En yüksek hidrokarbon verimi, nikel, kobalt, demir ve galyum bağlı ZSM-5 katalizörünün kullanımı ile olduğu görülmüştür.

Ayan (2011) tarafından yapılan çalışmada üzüm küspesi biyokütle olarak seçilmiş ve enerji kullanımı açısından araştırılma amacıyla sabit yatak reaktöründe pirolizi işlemi yapılarak katı ve sıvı ürünlerin karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Isıtma hızı (10, 30, 50 °C/dak), piroliz sıcaklığı (350, 400, 450, 500, 550, 600°C), parçacık boyutu ve sürükleyici gaz akış hızı (50, 100, 150, 200 cm³/dak) gibi piroliz parametrelerinin piroliz ürün verimlerine etkileri araştırılmıştır.

Garcia vd (2001) tarafından gerçekleştirilen biyokütlenin katalitik pirolizi 650 ve 700°C sıcaklıkta gerçekleşmiştir. Reaktör yatağına Ni ve Al katalizörleri ilave edilmiş ve hızlı piroliz işlemi gerçekleştirilmiştir. Katalizörün kalsinasyon ve aktivasyon şartları analiz edilmiş ve kalsinasyon sıcaklığının katalizörün performansını önemli ölçüde etkilediğini tespit etmişlerdir.

Onay ve Koçkar (2003) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada biyokütle örneği olarak kolza tohumları seçilmiştir. Piroliz ürün verimleri ve bu ürünlerin kimyasal bileşimleri üzerine piroliz sıcaklığının, ısıtma hızının, partükül boyutunun ve sürükleyici gaz akış hızlarının etkilerini araştırmışlardır. Piroliz sıcaklığı 550-600°C parçacık boyutu 0,6-1,25 ve sürükleyici gaz olarak N₂ gazının akış hızı 100 cm³/dak olarak belirlenip en yüksek sıvı veriminin %73 olduğu saptanmıştır. Piroliz sıvısı için kromatografik ve spektroskopik çalışmalarda kolza tohumlarının yenilenebilir yakıt olarak ve kimyasal madde üretimi için hammadde olarak kullanılabilir olacağını tespit etmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOT

1. Biyokütleyle Uygulanan İşlemler

1. Biyokütlenin toplanması

Akdeniz Üniversitesi Kampüs alanındaki bitki, ağaç ve bir miktar sera atıkları (7,5 g) ve üniversite merkezi yemekhanesinden organik yemek atıkları (7,5 g) toplanarak biyokütle örneği olarak seçildi (Şekil3.1). İki örnek eşit olarak karıştırılmıştır (15 g).



Şekil 3.1. Toplanan yemek ve bahçe atıkları

3.1.2. Biyokütlenin kurutulması ve saklanması

Biyokütlenin su içeriğinin azaltılması için kurutma işlemi uygulanır. Biyokütlenin su içeriğinin fazla olması biyokütlenin depo sırasında çürümeye neden olur. Bu sebeple toplanan yemek atıkları mikser yardımıyla küçültülüp kurumaya bırakılmıştır. Bitki atıklarından nemli olan kısım ayrılmış ve 2 hafta kurumaya bırakılmıştır. Karışık yemek atıkları alüminyum kaplara yerleştirilmiş etüvde 105°C sıcaklıkta 24 saat kurutulmuştur. Tüm işlemlerden sonra biyokütle 0,5-1,0, 1,0-1,5 ve 1,5-2,0 mm partikül büyüklükleri için değirmende öğütülmüş ve farklı elek çapları ile elenerek istenilen boyutlar elde edilmiştir. Elde edilen biyokütle örnekleri 1 L'lik cam konserve şişelerinde havasız ortamda saklanmıştır.

3.2 Katalizör

Oksijenin uzaklaştırılması, viskozitenin azaltılması, stabilitenin sağlanması ve biyoyağ kalitesini verimli hale getirmek için katalizör kullanılmaktadır. Bir katalizörün yüzey alanı ne kadar fazla ise buhar bu katalizörden geçerken tar'ın tutunma kapasitesi artar ve sonucunda o kadar saf ve arınmış bir biyoyağ ortaya çıkar. Birçok çalışmada destek ve aktif maddeler karıştırılarak katalizörler elde edilmektedir. Aktif maddelerle safa yakın bir sıvı elde edilmektedir. Bu çalışmada dolomit katalizörü kullanılmıştır. Kullanımdan önce nemini alma (kalsine) işlemi gerçekleştirilmiş, farklı partikül boyutlarındaki katalizörler krozelere koyularak 60°C'de 2 saat, 80°C'de 1 saat, 120°C'de 1 saat ve 550°C'de 2 saat fırında ısıtılırken vakumlama işlemine tabi tutulmuştur.



Şekil 3.2. Kalsine edilmiş farklı boyutlardaki dolomit katalizörü

3. Azot Gazı Akış Hızı

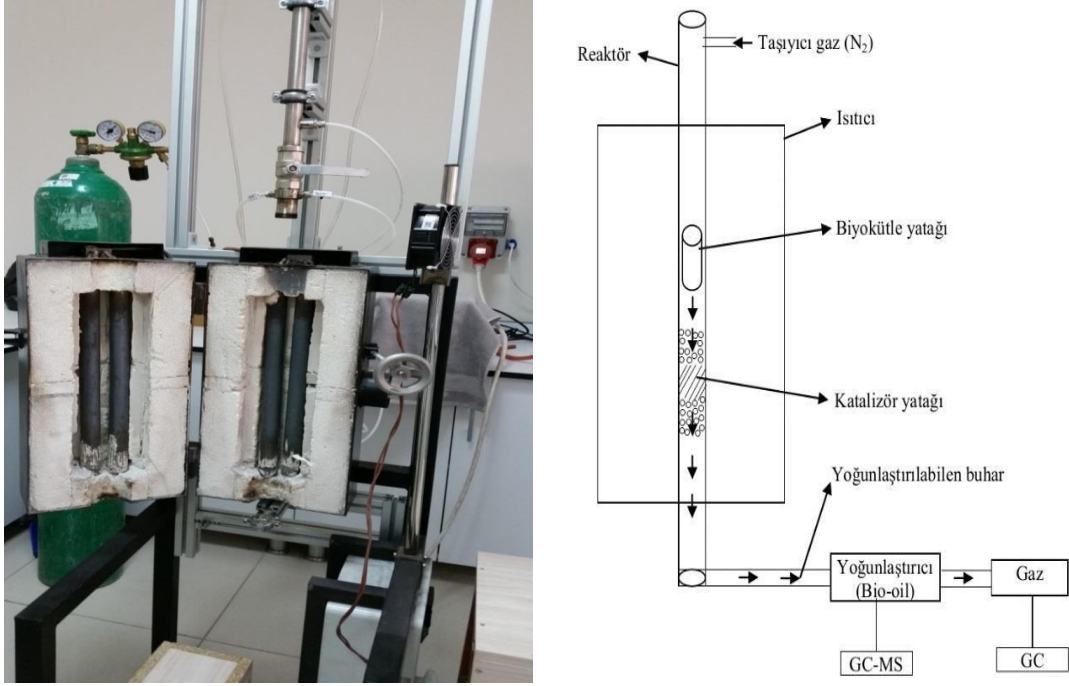
Piroliz sırasında oluşan uçucu bileşenler, sürükleyici gaz akışı ile sistemi daha kolay terk edebilmektedir. Sürükleyici gaz akış hızının yüksek olması buharın ortamdan daha hızlı bir şekilde süpürülmesini sağlayarak ikincil reaksiyonların gerçekleşmesine izin vermez ve bu sayede sıvı ürün verimi yüksek olur. Deneylere göre gaz akışı belli bir miktardan yüksek olduğu takdirde oluşan buharlar hızlı bir şekilde soğutma sistemine gönderilir ve soğutma sisteminde sıvının yoğuşması zor olmaktadır. Bu çalışmada azot gazı akış hızları 500, 1000 ve 1500 mL/dak olarak belirlenmiştir.

4. Deneysel Çalışmalar

Piroliz deneyleri Şekil 3.3'te verilen piroliz sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Belirlenen 15 g biyokütle örneği biyokütle yatağına yerleştirilmiş ve sıcaklık istenen düzeye getirildikten sonra, biyokütle yatağındaki biyokütle örneği bulunduğu yerden serbest düşmeye bırakılmıştır. Isıya maruz kalan biyokütleden meydana gelen yoğunlaştırılabilir buhar, katalizör yatağını geçtikten sonra alt kısımdaki yoğunlaştırıcıda biyoyağ olarak yoğunlaştırılmakta, yoğunlaşmayan gazlar ise gaz torbasında toplanmıştır.

Çizelge 3.1. Hızlı piroliz deneylerinin deneme planı

Deneme No	Azot Gazı (mL/dak)	Biyokütle/Katalizör (g / g)	Katalizör Partikülü (mm)	Analiz
1	500	1 / 4	0,5 – 1	GC-MS
2		1 / 4	1 – 1,5	GC-MS
3		1 / 4	1,5 - 2	GC-MS
4		1 / 3	0,5 – 1	GC-MS
5		1 / 3	1 – 1,5	GC-MS
6		1 / 3	1,5 - 2	GC-MS
7		1 / 2	0,5 – 1	GC-MS
8		1 / 2	1 – 1,5	GC-MS
9		1 / 2	1,5 - 2	GC-MS
10	1000	1 / 4	0,5 – 1	GC-MS
11		1 / 4	1 – 1,5	GC-MS
12		1 / 4	1,5 - 2	GC-MS
13		1 / 3	0,5 – 1	GC-MS
14		1 / 3	1 – 1,5	GC-MS
15		1 / 3	1,5 - 2	GC-MS
16		1 / 2	0,5 – 1	GC-MS
17		1 / 2	1 – 1,5	GC-MS
18		1 / 2	1,5 - 2	GC-MS
19	1500	1 / 4	0,5 – 1	GC-MS
20		1 / 4	1 – 1,5	GC-MS
21		1 / 4	1,5 - 2	GC-MS
22		1 / 3	0,5 – 1	GC-MS
23		1 / 3	1 – 1,5	GC-MS
24		1 / 3	1,5 - 2	GC-MS
25		1 / 2	0,5 – 1	GC-MS
26		1 / 2	1 – 1,5	GC-MS
27		1 / 2	1,5 - 2	GC-MS



Şekil 3.3. Hızlı piroliz deney düzeneğinin görünüşü

Bu çalışmada, katalitik hızlı piroliz denemelerinde, piroliz sıcaklığı 500°C’de, biyokütle miktarı 15 g sabit tutulmuş ve piroliz süresi 5 dak olarak ayarlanmıştır. Bütün deneylerde katalizör çeşidi olarak dolomit 0,5-1, 1-1,5, 1,5-2 mm olarak 3 farklı katalizör partikülü ve biyokütle:katalizör oranı 1/4, 1/3 ve 1/2 olarak biyoyağın verim ve kalitesine etkisi araştırılmıştır (Çizelge 3.1). Sabit değerler her denemede aynı tutulurken değişken olan katalizör partikülü ve biyokütle:katalizör oranı değiştirilerek biyoyağ verimi araştırılmıştır. Azot akış hızı 500, 1000 ve 1500 mL/dak olarak ayarlanmıştır. 5 dak’lık deney sürecinden sonra azot gazı akışı durdurulup reaktör çıkarılmış ve alt kısımda bulunan yoğunlaştırıcı bölgesinden alınan biyoyağ miktarı hassas terazide belirlenmiştir. Reaktör içerisindeki biyoyağ miktarı reaktörün deney işleminden önce ve sonraki farkı alınarak belirlenmiştir. Denemeler sonucu elde edilen biochar’a ilişkin yüzdeler ve biyoyağ ile ilgili kütle denkliği ve yüzde değerleri hesaplanmıştır. (Bkz. Çizelge 4.1). Biyoyağ örneklerinin miktarları, yoğunlaştırıcı içerisinde toplanan biyoyağın hassas terazide tartılması ile belirlenmiştir. Hızlı piroliz deneylerinin yürütüldüğü reaktörün hacmi ve kütlesinin büyük olmasından dolayı deneyler sonucunda oluşan gaz karışımlarının miktarları belirlenememiştir. GC-MS analizi ile, biyoyağın temel bileşenleri olan asitler, alkoller, şekerler, aldehidler, ketonlar, vb. ile bunların alt bileşikleri (cihazın kütüphanesinde tanımlı olan kadarı ile) belirlenmiştir (Şekil 3.4).

3.5. Analiz

GC-MS, GC (Gaz Kromatografisi) ve MS (Kütle Spektrometresi) ünitelerinin beraber çalıştığı yapı analizi ve miktar tayininde kullanılan bir cihazdır. Bu cihaz maddelerin teşhisi, tayini ve yapı analizi için yaygın olarak; ayrıca detaylı gıda analizleri, yağ analizleri, petrol analizleri ve ilaç sektörünün kalitatif ve kantitatif analizlerinde kullanılmaktadır (Şekil 3.5).

Kütle denklığı ile hassas terazide biochar ve biyoyağın miktarları belirlenmiş, biyoyağın da verimi hesaplanmıştır. Daha sonra GC-MS analizi ile, biyoyağın temel bileşenleri olan asitler, alkoller, şekerler, aldehidler, ketonlar, vb. ile bunların alt bileşikler tespit edilmiştir.



Şekil 3.4. GC-MS cihazının görünüşü

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada farklı partikül büyüklüğüne (1-1,5 mm) sahip olan park-bahçe ve mutfak atıklarından 7,5'er g karıştırılarak 15 g biyokütle örneği kullanılmıştır. Toplamda 27 adet deney yapılmıştır ve herbir deneyin parametreleri birbirinden farklı olarak seçilmiş ve karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. İlk 9 deney 500 mL/dak azot akış hızında, farklı katalizör partikül boyutları ve biyokütle/katalizör cinsinden, biyokütle miktarına oranla farklı katalizör miktarları kullanılmıştır. Tüm deneylerde katalizör miktarı 3,75, 5 ve 7,5 g dolomit kullanılmış, piroliz sıcaklığı 500°C değerinde sabit tutulmuştur. Piroliz süresi, 5 dak'lık deney sürecinin ardından yoğunlaştırıcı çıkarılıp reaktörün alt kısmı sökülerek biochar alınmıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Piroliz işleminden sonra biyoyağ ve biochar görünümü

Çizelge 4.1. Katalitik hızlı piroliz deneylerinde kullanılan parametreler ve elde edilen ürün verimleri

Deneme No	Reaktör (g)		Yoğunlaştırıcı (g)		Bio-char (g)	Biyoyağ (g)	Bio-char (%)	Biyoyağ (%)
	Reaksiyon öncesi	Reaksiyon sonrası	Reaksiyon öncesi	Reaksiyon sonrası				
1	167,15	172,60	51,09	56,95	5,45	5,86	36,33	39,06
2	207,39	212,87	50,26	55,99	5,48	5,73	36,53	38,2
3	196,23	201,53	51,25	56,95	5,3	5,7	35,33	38
4	207,68	213,07	51,09	57,02	5,39	5,93	35,93	39,53
5	169,55	174,66	50,27	56,47	5,11	6,2	34,06	41,33
6	187,27	192,43	51,08	57,02	5,16	5,94	34,4	39,6
7	202,99	208,30	50,35	56,25	5,31	5,9	35,4	39,33
8	213,48	218,40	50,23	56,58	4,92	6,35	32,8	42,33
9	174,70	179,39	51,10	57,34	4,69	6,24	31,26	41,6
10	201,95	207,40	50,24	55,44	5,45	5,2	36,33	34,66
11	206,85	211,88	51,08	56,88	5,03	5,8	33,53	38,66
12	167,91	172,82	50,25	56,04	4,91	5,79	32,73	38,6
13	188,64	193,86	51,09	56,71	5,22	5,62	34,8	37,46
14	186,92	191,82	51,11	56,97	4,9	5,86	32,66	39,06

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.1'in Devamı

15	171,58	176,68	50,25	56,11	5,1	5,86	34	39,06
16	202,30	207,51	51,05	56,92	5,21	5,87	34,73	39,13
17	210,81	215,77	50,26	56,18	4,96	5,92	33,06	39,46
18	190,43	195,14	50,36	55,99	4,71	5,63	31,4	37,53
19	189,27	194,16	50,25	56,02	4,89	5,77	32,6	38,46
20	198,82	203,58	51,10	57,08	4,76	5,98	31,73	39,86
21	207,00	211,56	50,31	56,08	4,56	5,77	30,4	38,46
22	170,44	175,11	51,35	56,88	4,67	5,53	31,13	36,86
23	199,00	203,95	51,11	56,67	4,95	5,56	33	37,06
24	189,35	194,26	50,26	56,29	4,91	6,03	32,73	40,2
25	171,99	194,35	51,09	57,00	4,65	5,91	31	39,4
26	213,39	218,03	50,25	56,25	4,64	6	30,93	40
27	206,53	211,32	51,11	56,66	4,79	5,55	31,93	37

Katalizör partikül boyutu sabit tutularak 500, 1000 ve 1500 mL/dak azot gazı akış hızlarında katalizör miktarının (biyokütle:katalizör cinsinden 1/4 : 3,75, 1/3 : 5 ve 1/2 : 7,5 g) biyoyağ verimine etkisi:

Çizelge 4.2. 500 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 0,5-1 mm katalizör partikül boyutunda, katalizör miktarının biyoyağ verimine etkisi

Deney No	Azot Gazı mL/dak	Katalizör Miktarı (g)	Katalizör Boyutu (mm)	Biyoyağ (%)
1	500	3,75	0,5-1	39,06
4		5	0,5-1	39,53
7		7,5	0,5-1	39,33

Katalizör partikül miktarının 3,75 g'dan 5 g'a artması ile 1. aşamada biyoyağ verimi %0,47 artmış, 5 g'dan 7,5 g'a artmasıyla ise %0,2 azalma gözlenmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.3. 500 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 1-1,5 mm katalizör partikül boyutunda, katalizör miktarının biyoyağ verimine etkisi

Deney No	Azot Gazı mL/dak	Katalizör Miktarı (g)	Katalizör Boyutu (mm)	Biyoyağ (%)
2	500	3,75	1-1,5	38,2
5		5	1-1,5	41,333
8		7,5	1-1,5	42,33

Katalizör partikül miktarının 3,75 g'dan 5 g'a artmasıyla 1.aşamada biyoyağ verimi %3,13 artmış, 5 g'dan 7,5 g'a artmasıyla ise %1 azalma gözlenmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.4. 500 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 1,5-2 mm katalizör partikül boyutunda, katalizör miktarının biyoyağ verimine etkisi

Deney No	Azot Gazı mL/dak	Katalizör Miktarı (g)	Katalizör Boyutu (mm)	Biyoyağ (%)
3	500	3,75	1,5-2	38
6		5	1,5-2	39,6
9		7,5	1,5-2	41,6

Katalizör partikül miktarının 3,75 gramdan 5 grama artmasıyla 1.aşamada biyoyağ verimi %1,6 artmış, 5 gramdan 7,5 grama artmasıyla ise %2 artış gözlenmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.5. 1000 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 0,5-1 mm katalizör partikül boyutunda, katalizör miktarının biyoyağ verimine etkisi

Deney No	Azot Gazı mL/dak	Katalizör Miktarı (g)	Katalizör Boyutu (mm)	Biyoyağ (%)
10	1000	3,75	0,5-1	34,66
13		5	0,5-1	37,46
16		7,5	0,5-1	39,13

Katalizör partikül miktarının 3,75 gramdan 5 grama artmasıyla 1.aşamada biyoyağ verimi %2,8 artmış, 5 gramdan 7,5 grama artmasıyla ise %1,67 artış gözlenmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.6. 1000 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 1-1,5 mm katalizör partikül boyutunda, katalizör miktarının biyoyağ verimine etkisi

Deney No	Azot Gazı mL/dak	Katalizör Miktarı (g)	Katalizör Boyutu (mm)	Biyoyağ (%)
11	1000	3,75	1-1,5	38,66
14		5	1-1,5	39,06
17		7,5	1-1,5	39,46

Katalizör partikül miktarının 3,75 g'dan 5 g'a artmasıyla 1.aşamada biyoyağ verimi %0,4 artmış, 5 g'dan 7,5 g'a artmasıyla ise %0,4 artış gözlenmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.7. 1000 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 1,5-2 mm katalizör partikül boyutunda, katalizör miktarının biyoyağ verimine etkisi

Deney No	Azot Gazı mL/dak	Katalizör Miktarı (g)	Katalizör Boyutu (mm)	Biyoyağ (%)
12	1000	3,75	1,5-2	38,6
15		5	1,5-2	39,06
18		7,5	1,5-2	37,53

Katalizör partikül miktarının 3,75 gramdan 5 grama artmasıyla 1.aşamada biyoyağ verimi %0,46 artmış, 5 gramdan 7,5 grama artmasıyla ise %1,53 azalma gözlenmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.8. 1500 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 0,5-1 mm katalizör partikül boyutunda, katalizör miktarının biyoyağ verimine etkisi

Deney No	Azot Gazı mL/dak	Katalizör Miktarı (g)	Katalizör Boyutu (mm)	Biyoyağ (%)
19	1500	3,75	0,5-1	38,46
22		5	0,5-1	36,86
25		7,5	0,5-1	39,4

Katalizör partikül miktarının 3,75 gramdan 5 grama artmasıyla 1.aşamada biyoyağ verimi %1,46 artmış, 5 gramdan 7,5 grama artmasıyla ise %2,54 artış gözlenmiştir (Çizelge 4.8)

Çizelge 4.9. 1500 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 1-1,5 mm katalizör partikül boyutunda, katalizör miktarının biyoyağ verimine etkisi

Deney No	Azot Gazı mL/dak	Katalizör Miktarı (g)	Katalizör Boyutu (mm)	Biyoyağ (%)
20	1500	3,75	1-1,5	39,86
23		5	1-1,5	37,06
26		7,5	1-1,5	40

Katalizör partikül miktarının 3,75 g'dan 5 g'a artmasıyla 1.aşamada biyoyağ verimi %2,8 azalma, 5 g'dan 7,5 g'a artmasıyla ise %2,94 artış gözlenmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.10. 1500 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 1,5-2 mm katalizör partikül boyutunda, katalizör miktarının biyoyağ verimine etkisi

Deney No	Azot Gazı mL/dak	Katalizör Miktarı (g)	Katalizör Boyutu (mm)	Biyoyağ (%)
21	1500	3,75	1-1,5	38,46
24		5	1-1,5	40,2
27		7,5	1-1,5	37

Katalizör partikül miktarının 3,75 gramdan 5 grama artmasıyla 1. aşamada biyoyağ verimi %1,74 artış, 5 gramdan 7,5 grama artmasıyla ise %3,2 azalma gözlenmiştir (Çizelge 4.10).

500, 1000 ve 1500 mL/dak azot gazı akış hızlarında katalizör miktarları (biyokütle:katalizör cinsinden 1/4 : 3,75, 1/3 : 5 ve 1/2 : 7,5 gram) sabit tutularak, katalizör partikül boyutunun biyoyağ verimine etkisi :

Çizelge 4.11. 500 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 3,75 g katalizör miktarında, katalizör partikül boyutunun biyoyağ verimine etkisi

Deney No	Azot Gazı mL/dak	Katalizör Miktarı (g)	Katalizör Boyutu (mm)	Biyoyağ (%)
1	500	3,75	0,5-1	39,06
2		3,75	1-1,5	38,2
3		3,75	1,5-2	38

Katalizör partikül boyutunun 0,5-1 mm'den 1-1,5 mm boyutuna arttırılmasıyla 1. aşamada biyoyağ verimi %0,82 azalma, 1-1,5 mm'den 1,5-2 mm'ye arttırılmasıyla ise %0,2 azalma gözlenmiştir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.12. 500 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 5 g katalizör miktarında, katalizör partikül boyutunun biyoyağ verimine etkisi

Deney No	Azot Gazı mL/dak	Katalizör Miktarı (g)	Katalizör Boyutu (mm)	Biyoyağ (%)
4	500	5	0,5-1	39,53
5		5	1-1,5	41,333
6		5	1,5-2	39,6

Katalizör partikül boyutunun 0,5-1 mm'den 1-1,5 mm boyutuna arttırılmasıyla 1.aşamada biyoyağ verimi %1,81 artış, 1-1,5 mm'den 1,5-2 mm'ye arttırılmasıyla ise %1,733 azalma gözlenmiştir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.13. 500 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 7,5 g katalizör miktarında, katalizör partikül boyutunun biyoyağ verimine etkisi

Deney No	Azot Gazı mL/dak	Katalizör Miktarı (g)	Katalizör Boyutu (mm)	Biyoyağ (%)
7	500	7,5	0,5-1	39,33
8		7,5	1-1,5	42,33
9		7,5	1,5-2	41,6

Katalizör partikül boyutunun 0,5-1 mm'den 1-1,5 mm boyutuna arttırılmasıyla 1.aşamada biyoyağ verimi %3 artış, 1-1,5 mm'den 1,5-2 mm'ye arttırılmasıyla ise %0,733 azalma gözlenmiştir (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.14. 1000 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 3,75 g katalizör miktarında, katalizör partikül boyutunun biyoyağ verimine etkisi

Deney No	Azot Gazı mL/dak	Katalizör Miktarı (g)	Katalizör Boyutu (mm)	Biyoyağ (%)
10	1000	3,75	0,5-1	39,33
11		3,75	1-1,5	42,33
12		3,75	1,5-2	41,6

Katalizör partikül boyutunun 0,5-1 mm'den 1-1,5 mm boyutuna arttırılmasıyla 1.aşamada biyoyağ verimi %4 artış, 1-1,5 mm'den 1,5-2 mm'ye arttırılmasıyla ise %0,06 azalma gözlenmiştir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.15. 1000 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 5 g katalizör miktarında, katalizör partikül boyutunun biyoyağ verimine etkisi

Deney No	Azot Gazı mL/dak	Katalizör Miktarı (g)	Katalizör Boyutu (mm)	Biyoyağ (%)
13	1000	5	0,5-1	37,46
14		5	1-1,5	39,06
15		5	1,5-2	39,06

Katalizör partikül boyutunun 0,5-1 mm'den 1-1,5 mm boyutuna arttırılmasıyla 1.aşamada biyoyağ verimi %1,6 artış, 1-1,5 mm'den 1,5-2 mm'ye arttırılmasıyla ise değişim gözlenmemiştir (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.16. 1000 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 7,5 g katalizör miktarında, katalizör partikül boyutunun biyoyağ verimine etkisi

Deney No	Azot Gazı mL/dak	Katalizör Miktarı (g)	Katalizör Boyutu (mm)	Biyoyağ (%)
16	1000	7,5	0,5-1	39,13
17		7,5	1-1,5	39,46
18		7,5	1,5-2	37,53

Katalizör partikül boyutunun 0,5-1 mm'den 1-1,5 mm boyutuna arttırılmasıyla 1.aşamada biyoyağ verimi %0.33 artış, 1-1,5 mm'den 1,5-2 mm'ye arttırılmasıyla ise %1,93 azalma gözlenmiştir (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.17. 1500 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 3,75 g katalizör miktarında, katalizör partikül boyutunun biyoyağ verimine etkisi

Deney No	Azot Gazı mL/dak	Katalizör Miktarı (g)	Katalizör Boyutu (mm)	Biyoyağ (%)
19	1500	3,75	0,5-1	38,46
20		3,75	1-1,5	39,86
21		3,75	1,5-2	38,46

Katalizör partikül boyutunun 0,5-1 mm'den 1-1,5 mm boyutuna arttırılmasıyla 1.aşamada biyoyağ verimi %1,4 artış, 1-1,5 mm'den 1,5-2 mm'ye arttırılmasıyla ise %1,4 azalma gözlenmiştir (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.18. 1500 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 5 g katalizör miktarında, katalizör partikül boyutunun biyoyağ verimine etkisi

Deney No	Azot Gazı mL/dak	Katalizör Miktarı (g)	Katalizör Boyutu (mm)	Biyoyağ (%)
22	1500	5	0,5-1	36,86
23		5	1-1,5	37,06
24		5	1,5-2	40,2

Katalizör partikül boyutunun 0,5-1 mm'den 1-1,5 mm boyutuna arttırılmasıyla 1.aşamada biyoyağ verimi %0,2 artış, 1-1,5 mm'den 1,5-2 mm'ye arttırılmasıyla ise %3,14 artış gözlenmiştir (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.19. 1500 mL/dak'lık azot gazı akış hızında, 7,5 g katalizör miktarında, katalizör partikül boyutunun biyoyağ verimine etkisi

Deney No	Azot Gazı mL/dak	Katalizör Miktarı (g)	Katalizör Boyutu (mm)	Biyoyağ (%)
25	1500	7,5	0,5-1	39,4
26		7,5	1-1,5	40
27		7,5	1,5-2	37

Katalizör partikül boyutunun 0,5-1 mm'den 1-1,5 mm boyutuna arttırılmasıyla 1.aşamada biyoyağ verimi %0,6 artış, 1-1,5 mm'den 1,5-2 mm'ye arttırılmasıyla ise %3 azalma gözlenmiştir (Çizelge 4.19).

Katalizör miktarları (biyokütle:katalizör cinsinden 1/4 : 3,75, 1/3 : 5 ve 1/2 : 7,5 g) ve katalizör partikül boyutları sabit tutularak, 500, 1000 ve 1500 mL/dk azot gazı akış hızlarının biyoyağ verimine etkisi :

Çizelge 4.20. 3,75 g katalizör miktarında, 0,5-1 mm katalizör partikül boyutunda 500, 1000 ve 1500 mL/dak'lık azot gazı akış hızının biyoyağ verimine etkisi

Deney No	Azot Gazı mL/dak	Katalizör Miktarı (g)	Katalizör Boyutu (mm)	Biyoyağ (%)
1	500	3,75	0,5-1	39,06
10	1000	3,75	0,5-1	34,66
19	1500	3,75	0,5-1	38,46

Azot gazı akış hızının 500 ml/dak'dan 1000 ml/dak'ya arttırılmasıyla 1.aşamada biyoyağ verimi %4,4 azalma, 1000 ml/dak'dan 1500 ml/dak'ya arttırılmasıyla ise %3,8 artma gözlenmiştir.(Çizelge 4.20).

Çizelge 4.21. 3,75 g katalizör miktarında, 1-1,5 mm katalizör partikül boyutunda 500, 1000 ve 1500 mL/dak'lık azot gazı akış hızının biyoyağ verimine etkisi

Deney No	Azot Gazı mL/dak	Katalizör Miktarı (g)	Katalizör Boyutu (mm)	Biyoyağ (%)
2	500	3,75	1-1,5	38,2
11	1000	3,75	1-1,5	38,66
20	1500	3,75	1-1,5	39,86

Azot gazı akış hızının 500 ml/dak'dan 1000 ml/dak'ya artırılmasıyla 1. aşamada biyoyağ verimi %0,46 artış, 1000 ml/dak'dan 1500 ml/dak'ya artırılmasıyla ise %1,2 artma gözlenmiştir (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.22. 3,75 g katalizör miktarında, 1,5-2 mm katalizör partikül boyutunda 500, 1000 ve 1500 mL/dak'lık azot gazı akış hızının biyoyağ verimine etkisi

Deney No	Azot Gazı mL/dak	Katalizör Miktarı (g)	Katalizör Boyutu (mm)	Biyoyağ (%)
3	500	3,75	1,5-2	38
12	1000	3,75	1,5-2	38,6
21	1500	3,75	1,5-2	38,46

Azot gazı akış hızının 500 ml/dak'dan 1000 ml/dak'ya artırılmasıyla 1. aşamada biyoyağ verimi %0,6 artış, 1000 ml/dak'dan 1500 ml/dak'ya artırılmasıyla ise %0,14 azalma gözlenmiştir (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.23. 5 g katalizör miktarında, 0,5-1 mm katalizör partikül boyutunda 500, 1000 ve 1500 mL/dak'lık azot gazı akış hızının biyoyağ verimine etkisi

Deney No	Azot Gazı mL/dak	Katalizör Miktarı (g)	Katalizör Boyutu (mm)	Biyoyağ (%)
4	500	5	0,5-1	39,53
13	1000	5	0,5-1	37,46
22	1500	5	0,5-1	36,86

Azot gazı akış hızının 500 ml/dak'dan 1000 ml/dak'ya artırılmasıyla 1. aşamada biyoyağ verimi %2,07 azalma, 1000 ml/dak'dan 1500 ml/dak'ya artırılmasıyla ise %0,6 azalma gözlenmiştir (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.24. 5 g katalizör miktarında, 1-1,5 mm katalizör partikül boyutunda 500, 1000 ve 1500 mL/dak'lık azot gazı akış hızının biyoyağ verimine etkisi

Deney No	Azot Gazı mL/dak	Katalizör Miktarı (g)	Katalizör Boyutu (mm)	Biyoyağ (%)
5	500	5	1-1,5	41,333
14	1000	5	1-1,5	39,06
23	1500	5	1-1,5	37,06

Azot gazı akış hızının 500 ml/dak'dan 1000 ml/dak'ya arttırılmasıyla 1. aşamada biyoyağ verimi %2,273 azalma, 1000 ml/dak'dan 1500 ml/dak'ya arttırılmasıyla ise %2 azalma gözlenmiştir (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.25. 5 g katalizör miktarında, 1,5-2 mm katalizör partikül boyutunda 500, 1000 ve 1500 mL/dak'lık azot gazı akış hızının biyoyağ verimine etkisi

Deney No	Azot Gazı mL/dak	Katalizör Miktarı (g)	Katalizör Boyutu (mm)	Biyoyağ (%)
6	500	5	1,5-2	39,6
15	1000	5	1,5-2	39,06
24	1500	5	1,5-2	40,2

Azot gazı akış hızının 500 ml/dak'dan 1000 ml/dak'ya arttırılmasıyla 1. aşamada biyoyağ verimi %0,54 azalma, 1000 ml/dak'dan 1500 ml/dak'ya arttırılmasıyla ise %1,14 artma gözlenmiştir (Çizelge 4.25).

Çizelge 4.26. 7,5 g katalizör miktarında, 0,5-1 mm katalizör partikül boyutunda 500, 1000 ve 1500 mL/dak'lık azot gazı akış hızının biyoyağ verimine etkisi

Deney No	Azot Gazı mL/dak	Katalizör Miktarı (g)	Katalizör Boyutu (mm)	Biyoyağ (%)
7	500	7,5	0,5-1	39,33
16	1000	7,5	0,5-1	39,13
25	1500	7,5	0,5-1	39,4

Azot gazı akış hızının 500 ml/dak'dan 1000 ml/dak'ya arttırılmasıyla 1. aşamada biyoyağ verimi %0,2 azalma, 1000 ml/dak'dan 1500 ml/dak'ya arttırılmasıyla ise %0,27 artma gözlenmiştir (Çizelge 4.26).

Çizelge 4.27. 7,5 g katalizör miktarında, 1-1,5 mm katalizör partikül boyutunda 500, 1000 ve 1500 mL/dak'lık azot gazı akış hızının biyoyağ verimine etkisi

Deney No	Azot Gazı mL/dak	Katalizör Miktarı (g)	Katalizör Boyutu (mm)	Biyoyağ (%)
8	500	7,5	1-1,5	42,33
17	1000	7,5	1-1,5	39,46
26	1500	7,5	1-1,5	40

Azot gazı akış hızının 500 ml/dak'dan 1000 ml/dak'ya arttırılmasıyla 1. aşamada biyoyağ verimi %2,87 azalma, 1000 ml/dak'dan 1500 ml/dak'ya arttırılmasıyla ise %0,54 artma gözlenmiştir (Çizelge 4.27).

Çizelge 4.28. 7,5 g katalizör miktarında, 1,5-2 mm katalizör partikül boyutunda 500, 1000 ve 1500 mL/dak'lık azot gazı akış hızının biyoyağ verimine etkisi

Deney No	Azot Gazı mL/dak	Katalizör Miktarı (g)	Katalizör Boyutu (mm)	Biyoyağ (%)
9	500	7,5	1,5-2	41,6
18	1000	7,5	1,5-2	37,53
27	1500	7,5	1,5-2	37

Azot gazı akış hızının 500 ml/dak'dan 1000 ml/dak'ya arttırılmasıyla 1. aşamada biyoyağ verimi %4,07 azalma, 1000 ml/dak'dan 1500 ml/dak'ya arttırılmasıyla ise %0,53 azalma gözlenmiştir (Çizelge 4.28).

Çizelge 4.29. Biyoyağın GC-MS analiz sonuçları

Deney No	Bileşen Miktar ı (Pik Alanı)			
	2-5	5-10	10-15	> 15
1	7	2	-	1
2	12	2	1	-
3	11	2	-	1
4	9	2	1	-
5	10	1	-	1
6	11	1	-	1
7	13	1	1	-
8	10	1	-	1
9	10	1	-	1
10	9	1	2	-
11	12	2	2	-
12	10	2	-	1
13	10	2	-	1
14	9	-	1	1
15	5	2	2	-
16	9	2	-	1
17	7	4	-	1
18	9	2	-	1
19	7	2	-	1
20	7	4	-	1
21	8	2	-	1
22	7	4	-	1
23	10	1	-	1
24	9	2	2	-
25	5	2	1	1
26	10	1	-	1
27	13	2	-	1

Sisteme verilen biyokütle miktarı: 15 g'dır.

Ortalama elde edilen biyoyağ miktarı: 6,27 g olarak bulunmuştur. Bu hesaplamalar göz önüne alınarak biyoyağ verimi yüzde olarak bulunmak istenirse aşağıdaki işlem gerçekleştirilir.

$$6,27 / 15 \times (100) = 41,8 \text{ (\%41,8 toplam biyoyağ verimi)}$$

GC-MS sonuçları incelendiğinde, biyoyağ bileşiminin 70'den fazla bileşenden meydana geldiği EK 1'de verilen GC-MS analiz sonuçlarında görülmektedir. Deney grubundaki 27 hızlı piroliz deneyi için GC-MS analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Biyoyağ içerisindeki yaklaşık 70 bileşenden GC-MS pik alanları 2,00 ve üzeri olan birçok bileşeni içermektedir. Pik alanlarına göre sonuçlar değerlendirildiğinde, gerçekleştirilen hızlı piroliz sonucu elde edilen başlıca ana bileşiklerin levoglucosan, asetik asit, 1,2-benzenediol, furfural alkol olduğu gözlenmiştir. Levoglucosan, selüloz ve nişasta gibi karbonhidratların pirolizi sonucu ortaya çıkan ana altı-karbonlu organik ürünlerden biridir. Biyoyağ içeriğine bakıldığında levoglucosan veriminin fazla olmasının nedeni, biyokütle örnek karşısındaki atıkların selüloz içeriğinden kaynaklıdır. Genellikle en yüksek pik değerlerinde görülen 1. Bileşik levoglucosan'dır. Biyoyağ veriminin, biyokütleden ağırlıkça %75'lik bir oranla sıvı ürün eldesi olduğu görülmüştür (Bridgwater 2002). Bu çalışmada ortalama biyoyağ verimi %41,8 olarak belirlenmiştir. Biyoyağın verimi çalışmada kullanılan biyokütlenin çeşidine bağlı olarak değişmektedir. Yapılan birçok çalışmaya göre, kullanılan katalizör çeşidinde verimi etkilediği düşünülmektedir. Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda katalizör miktarının artması ile biyoyağ verimi arasında olumlu bir artış gözlenmiştir. Bu çalışmada da katalizör miktarının 3,75, 5 ve 7,5 g'a kademeli olarak artışında biyokütleden elde edilen yağ miktarında çoğunlukla artış göstermiştir. Katalizör parçacık boyutu da verimi etkileyen bir diğer önemli parametredir. Özellikle doğru katalizörün kullanılması, seçilmesi ve katalizör kullanımı ile istenilen ürünü elde etmek adına araştırmalar sürmektedir. Katalizör partikülünün yüzeyinin fazla olması yanma sırasında ki tarın tutulmasını sağlar ve verimi arttırır. Katalizörün toz şekline getirilecek kadar küçük boyutlarda uygulanması ise verimi olumsuz etkileyen bir yöntemdir. Bu sebeple katalizör partikül boyutunun çalışmaya göre iyi seçilmesi ve biyoyağın katalizör yüzeyi ile en iyi şekilde temas etmesi için parçacık boyutunun tespit edilmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmada seçilen 3 katalizör partikül boyutu olan; 0,5-1 mm, 1-1,5 mm ve 1,5-2 mm'lik boyutlardan verimi arttıran 1-1,5 mm parçacık boyutundaki katalizördür. Biyoyağ içerisinde oksijen varlığı düşük enerji yoğunluğuna sebep olduğu için istenmemektedir. Oksijenin ortamdan uzaklaşmasını sağlayan bir diğer parametre sürükleyici gaz akış hızıdır. Bu çalışmada da azot gazı akış hızı tercih edilmiş ve 3 farklı hızdaki değerlerin birbirine göre etkileri incelenerek biyoyağ verimi açısından optimum değerler belirlenmiş ve sonuçlar kısmında ayrıntılı olarak sunulmuştur.

5.SONUÇLAR

- Katalizör parçacık boyutunun (0,5-1 mm, 1-1,5 mm ve 1,5-2 mm) biyoyağ verimine etkisini incelemek amacıyla, 500 ml/dak, 1000 ml/dak ve 1500 ml/dak farklı azot akış hızlarında, dolomit katalizör miktarı sabit tutularak 9 deney gerçekleştirilmiştir.
- 9 deneyden 8'in de katalizör parçacık boyutu 0,5-1 mm'den 1-1,5 mm'ye artarken biyoyağ verimi artış göstermiş, 1 deneyde azalma gerçekleşmiştir. 1-1,5 mm'den 1,5-2 mm'ye geçerken sadece 1 deney grubunda artış görülmüştür.
- Biyoyağ veriminin en yüksek olarak sağlandığı katalizör parçacık boyutunun 1-1,5 mm olduğu belirlenmiştir.
- Katalizör parçacık boyutunun biyoyağ verimine etkisinin incelendiği 9 deney grubunda %42,33 ile biyoyağ veriminin en yüksek olduğu deney koşulları; azot gazı akış hızı 500 ml/dak, katalizör miktarı 3,75 g ve katalizör parçacık boyutu 1-1,5 mm olduğu görülmüştür.
- Bu sonuçlara göre, parçacık boyutunun belirli oranda artmasıyla biyoyağ veriminde artış gözlenmiştir.
- Katalizör miktarının (3,75 g, 5 g ve 7,5 g) biyoyağ verimine etkisini incelemek amacıyla, 500 ml/dak, 1000 ml/dak ve 1500 ml/dak farklı azot akış hızlarında, dolomit katalizörünün parçacık boyutu sabit tutularak 9 deney gerçekleştirilmiştir.
- 9 deneyden 7'sinde katalizör miktarı 3,75 g'dan 5 g'a arttırıldığında artış gözlenmiş, 2 deneyde azalma gerçekleşmiştir. 5 gram'dan 7,5 g'a artan katalizör miktarında ise 9 deneyden 6'sında artış gözlemlenmiş ve 3 tanesinde azalma gerçekleşmiştir.
- Biyoyağ veriminin en yüksek olarak sağlandığı katalizör miktarları 5 ve 7,5 g'dır.
- Katalizör miktarının biyoyağ verimine etkisinin incelendiği 9 deney grubunda %42,33 ile biyoyağ veriminin en yüksek olduğu; azot gazı akış hızı 500 ml/dak, katalizör miktarı 7,5 g ve katalizör parçacık boyutu 1-1,5 mm'dir.
- Bu sonuçlara göre, katalizör miktarının artmasıyla biyoyağ veriminde artış gözlenmiştir.
- Azot gazı akış hızının (500 ml/dak, 1000 ml/dak ve 1500 ml/dak) biyoyağ verimine etkisini incelemek amacıyla, dolomit katalizör miktarı ve parçacık boyutu sabit tutularak 9 deney gerçekleştirilmiştir.

- 9 deneyden 7'sinde azot gazı akış hızı 500 ml/dak'dan 1000 ml/dak'ya arttırıldığında azalma gözlenmiş, 2 deneyde artış gerçekleşmiştir. 1000 ml/dak'dan 1500 ml/dak'ya artan azot gazı akış hızında ise 9 deneyden 5'inden artış gözlemlenmiş 4'ün de ise azalma gerçekleşmiştir.
- Azot gazı akış hızı 1000 ml/dak'dan 1500 ml/dak'ya arttırıldığında meydana gelen 5 artış ile 500 ml/dak'dan 1000 ml/dak'ya arttırıldığında ki değerler arasında çok küçük yüzdeler olmasından dolayı optimum akış hızı 500 ml/dak'dır.
- Azot gazı akış hızının biyoyağ verimine etkisinin incelendiği 9 deney grubunda %42.33 ile biyoyağ veriminin en yüksek olduğu deney koşulları; katalizör miktarı 7,5 g, katalizör partikül boyutu 1-1,5 mm ve azot gazı akış hızı 500 ml/dak'dır.
- Azot gazı akış hızının artmasıyla biyoyağ veriminde düzenli bir artış gözlenmemiş, gerçekleşen artışlarda değerler birbirine yakın seyretmiştir.
- Literatüre bakıldığında azot gazı akış hızının artmasıyla biyoyağ veriminin arttığı görülsede belirli bir değerden sonra azalma gözlenmektedir. Reaktörün içinde yakılan biyokütle buharlarının içeride fazla kalması değişik reaksiyonların oluşmasını sağlar ve sıvı ürün verimini düşürür. Buharın hızlı süpürülerek yoğunlaşmaya geçmesi için azot gazı akış hızı önem teşkil etmektedir. Fakat buharın gereğinden fazla hızlı taşınması sıvı ürün oluşumuna olanak vermediği için azot gazı akış hızının doğru saptanması gerekir.
- Literatüre göre hızlı piroliz çalışmalarında kullanılan biyokütlenin %75'e varan oranlarda biyoyağa dönüştüğü gözlenmiştir. Fakat yapılan çalışmada biyokütlenin ağırlıkça biyoyağa dönüşme veriminin ortalama %41,8 olduğu saptanmıştır. Literatür araştırmaları ve elde edilen sonuç arasında ki bu farklılığın sebebinin hızlı piroliz sistemindeki sızdırmazlık sorunu ve reaktör içerisindeki O₂ varlığı ile ilgili olabileceği düşünülmektedir.
- Hızlı piroliz deney sisteminde, reaktör çıkışı ile yoğunlaştırıcı arasında piroliz buharının yoğunlaşması sonucu elde edilen katı, sıvı veya gaz ürünlerin beklenenden farklı verimlere sahip olduğu düşünülmektedir.
- Taşıyıcı gaz olarak kullanılan azot gazının hızlı piroliz sistemine verilmeden önce ön ısıtma işlemine tabi tutulması işleminin hızlı piroliz sistemindeki dönüşümü de olumsuz etkilediği tahmin edilmektedir.
- GC-MS analiz sonuçları değerlendirilmiş ve buna göre pik alanı olarak 2'den büyük olan 70'den fazla bileşik olduğu tayin edilmiştir.
- Gerçekleştirilen hızlı piroliz sonucu elde edilen başlıca ana bileşiğin levoglucosan ve daha sonra asetik asit, 1,2-benzenediol, furfural alkol olduğu gözlenmiştir.

6. KAYNAKLAR

- ACAROĞLU, M. 2007. Alternatif Enerji Kaynakları.Genişletilmiş 2. Baskı, Nobel Yayını Dağıtım, Ankara.
- ACAROĞLU, M. 2003. Alternatif enerji kaynakları. Biyokütle Enerjisi, 74-107.
- AHO, A., KUMAR, N., ERANEN, K., SALMI, T., HUPA, M., MURZİN D. 2008. Catalytic pyrolysis of woody biomass in a fluidized bed reactor: Influence of the zeolite structure, *Fuel*, 87, 2493–2501.
- AKGÜL, M. 2003. Biyokütlenin yakıt potansiyeli olarak değerlendirilmesi. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı, TMMOB, 281-28, Kayseri.
- ALEMDAROĞLU, N. 2007. Enerji sektörünün geleceği, Alternatif enerji kaynakları ve Türkiye'nin önündeki fırsatlar. İstanbul Ticaret Odası Yayınları, Yayın No:29, s.13., İstanbul.
- ANONİM. 2006. Understanding biomass as a source of sugars and energy, U.S. Department of Energy- Energy Efficiency and Renewable Energy, http://www.eere.energy.gov/biomass/printable_versions/understanding_biomass.html.
- ARSLAN, I., ASLAN, S. ve TOPAL, M. 2007. Biyokütlenin enerjiye dönüştürülmesi. 1. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TDKDEK ,485-492, İstanbul.
- ATEŞ, F., PÜTÜN, A.E. and PÜTÜN, E. 2005. Catalytic pyrolysis of perennial shrub, *Euphorbia rigida* in the water vapour atmosphere. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 73, 299-304.
- AYAN, E.A. 2011. Üzüm Küşpesinin Pirolyzi ve Elde Edilen Ürünlerin Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- BAUMANN et al. 2012. Intermediate energy infobook, National Energy Education Development Project
- BEENACKERS, A.A.C.M. and BRIDGWATER, A.V. 1989. Gasification and Pyrolysis of biomass in Europe. Proceeding of an International Conference of Pyrolysis and Gasification, Luxembourg.
- BEIS, S.H., ONAY, O., KOÇKAR, O.M. 2002. Fixed-bed pyrolysis of safflower seed: influence of pyrolysis parameters on product yields and compositions. *Renewable Energy* , 26, 21–32.
- BENK A., DELİBAŞ, A., OZKAN, M. ve COBAN, A. 2003. Bitki Atıklarının Katı Yakıt Olarak Değerlendirilmesi. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı, TMMOB, 259-265, Kayseri.

- BRIDGWATER, T. 2006. Review Biomass for Energy, Journal of the Science of Food and Agriculture, 86, 1755-1768.
- BRIDGWATER, A.V. 2003. Renewable fuels and chemicals by thermal processing of biomass. Chemical Engineering Journal, 87, 102.
- BRIDGWATER, A.V. 1999. Principles and Practice of Biomass Fast Pyrolysis Processes for Liquids. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 51, 3-22.
- BRIDGWATER, A.V, MEIER, D. and RADLEIN, D. 1999. An overview of fast pyrolysis of biomass. Org Geochem, 30, 1479–1493.
- BRIDGWATER, A.V. 1994. Catalysis in Thermal Biomass Conversion. Applied Catalysis, A General, 116, 5-47.
- BRIDGWATER, A.V. and Cottom, L.M. 1992. Costs and Opportunities for Biomass Pyrolysis Liquids Production and Upgrading. Biomass for Energy, Industry and Environment, 6th E.C. Conference, Edited by G. Grassi, A. Collina and H. Zibetta, Elsevier Applied Science, 679-692, London and New York.
- BRIDGWATER, A.V. 1991. Review of thermochemical biomass conversion. Crown Company, 76, UK.
- BRIDGWATER, A.V. and BRIDGE, S.A. 1991. A review of pyrolysis and pyrolysis technologies, Biomass pyrolysis liquids upgrading and utilisation. Elsevier Applied Science, London and New York.
- BROWNING, B.L. 1963. The Chemistry of Wood, John Wiley, New York.
- BUEKENS, A.G. and SCHOETERS, J.G. 1986. European experience in the pyrolysis and gasification of solid wastes. Conversation and Recycling, 9, 253-269.
- CHEN, G., ANDRIES, J. and LUO, Z. 2003. Biomass pyrolysis/gasification for product gas production the overall investigation of parametric effects. Energy Conv. Manag., 44, 1875-1884.
- ÇAĞLAR, M. 2013. Dünya ve Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü http://www.dektmk.org.tr/pdf/enerji_kongresi_10/mehmetcaglar.pdf
- DEMİRBAŞ, A. 2001. Biomass Resource Facilities and Biomass Conversion Processing for Fuels and Chemicals. Energy Conversion & Management, 42, 1357- 1378.
- DEMİRBAŞ, A. 2000. Biomass Energy Resources for Energy and Chemical Industry, Energy Edu. Sci. Technol, 5, 21-45.

DEMİRBAŞ, A. 2000. Mechanisms of liquefaction and pyrolysis reactions of biomass. *Energy Conversion and management* 41, 633-646.

DEMİRTAŞ, S. 2010. Avrupa Birliği ve Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları ve bunlarda biyokütlenin önemi. 46. Dönem AB Temel Eğitim Kursu, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.

DRAHOR M.G., KUMLUTAŞ D. ve GÖKTÜRKLER G. 2001. Dünya 'da ve Türkiye 'de Jeotermal Enerji ve Kullanımı. *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, 61-68, İzmir.

DYER A. and WILEY J. 1988. *An Introduction to Zeolite Molecular Sieves*. John Wiley and Sons Inc., New York. *Energy Information Administration (EIA)*. 2009.

Energy Information Agency (EIA). 2009. United States Department of Energy.

ERDOĞAN, S. 2003. Alternatif Enerji kaynakları ve Türkiye Enerji potansiyeli. 3e *Electrotech Dergisi*, 110.

ETKB. 2011. *Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, MaviKitap*, Ankara.

FRENCH, R. and CZERNIK, S. 2010. Catalytic pyrolysis of biomass for biofuels production. *Fuel Processing Technology*, 91, 25–32.

GARCIA, L., SALVADOR, M.L., ARAUZO, J. and BILBAO, R. 2001. Catalytic pyrolysis of biomass: influence of the catalyst pretreatment on gas yields. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 58, 491-501.

GARG, H.P. and DATTA, G. 1998. *Global Status on Renewable Energy*. International Workshop, Iran University of Science and Technology, 1920 May.

GOYAL, H.B., SEAL, D. and SAXENO, R.C. 2008. Bio-fuels from thermochemical conversion of renewable resources: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 12, 504-517.

HEO, H., PARK, H., PARK, Y., RYU, C., SUH, D., SUH, Y., YIM, J. and KIM, S. 2010. Bio-oil production from fast pyrolysis of waste furniture sawdust in a fluidized bed. *BiosourceTechnology*, 101, 91-96.

KALLO, D. and SHERRY, H.S. 1988. *Occurrence, Properties and Utilization of Natural Zeolites*. Budapest: Akademiai Kiado.

KANMAZ G. 2011. *Biyokütlenin Katalitik Pirolyzi*, Yüksek Lisans Tezi. Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

- KARAGÖZ, S., BHASKAR, T., MUTO, A., SAKATA, Y. 2005. Comparative studies of oil compositions produced from sawdust, rice husks, lignin and cellulose by hydrothermal treatment. *Fuel*, 84, 875-884.
- KAYGUSUZ K. 2004. Hydropower and the World's Energy Future. *Energy Sources*, 26, 215-224.
- KESKİN, M.H. 2006. Stratejik açıdan Avrupa Birliği enerji politikası ve uluslararası güvenlik sistemine etkisi. Doktora tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- KINCAY, O., UTLU Z., AĞUSTOS H., AKBULUT U. ve AÇIKGÖZ Ö. 2009. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarında Birleşme Eğilimi. *Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 27, 60-8.
- KLASS D.L. 1998. *Biomass for Renewable Energy, Fuels and Chemicals*. Academic Press, London.
- KÖKTÜRK, U. 1995. Zeolit Madenciliği ve Çevre Sağlığına Etkileri. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir.
- KROCHTA, J.M., JOYCE, S.H. and SANDRA, J.T. 1988. Thermochemical Conversion of Biomass with Concentrated Alicaline Solution to in Organic Acids. *The International Conference on Research in Thermochemical Biomass Conversion*, 309, Phoneix, Arizona, USA.
- KÜÇÜK, M.M. ve DEMİRBAŞ, A. 1997. Biomass Conversion Processes, Energy Comersion and Management, 38, 2, 151-165.
- KÜLEKÇİ, Ö.C. 2009. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Jeotermal Enerjinin Yeri ve Türkiye Açısından Önemi, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 2, 83-91.
- MATTHEW, R.J. 1989. Biomass for Energy. *Biomass Handbook*, Gordon and Breach Science Publishers, 97-107, Amsterdam.
- MATTUCCHI, E., GRASSI, G. and PALZ, W. 1987. *Thermochemical Conversion of Biomass, Pyrolysis as a Basic Technology for Large Agro-Energy Project*, Elsevier, London and New York.
- MCKENDRY, P. 2002. Energy Production from Biomass (Part 2): Conversion Technologies. *Bioresource Technology*, 83, 47-54.
- MEIER, D. and RUPP, M. 1991. Direct catalytic liquefaction technology of biomass: Status and review. *Biomass pyrolysis liquids upgrading and utilisation*, A.V. Bridgwater and G. Grassi (Eds.), Elsevier Applied Science, 155-176., London.

- MOHAN, D., PITTMAN, C.U. and STEELE, P.H. 2006. Pyrolysis of wood /biomass for bio-oil: A critical review. *Energy and Fuels*, 20, 848-889.
- MORF, P.O. 2001. Secondary reactions of tar during thermochemical biomass Conversion. Doktora tezi, Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Zurich.
- NOYAN, Ö.F. 1997. Nükleer Güç Santrallerine Girerken Türkiye’de Kamuoyunun Bilinçlendirilmesi. Türkiye 7. Enerji Kongresi, Teknik Oturum Tebliği, I, 427-442, Ankara.
- OASMAA, A. and CZERNIK, S. 1999. Fuel oil quality of biomass pyrolysis oils-state of the art for the end-users. *Energy Fuels*, 13, 914–21.
- ONAY, O. and KOÇKAR, O.M., 2003. Slow, fast and flash pyrolysis of rapeseed. *Renewable Energy*, 28, 2417-2433.
- PARIKKA, M. 2004. Global Biomass Fuel Resources. *Biomass and Bioenergy*, 27, 613-620.
- PARK, Y.H., KIM, J., KIM, S.S. and PARK, Y.K. 2009. Pyrolysis characteristics and kinetics of oak trees using thermogravimetric, Analyzer and Micro-tubing Reactor. *Bioresource Technology*, 100, 400-405, Republic of Korea.
- PROBSTEIN, R.F. and HICKS, R.E. 1982. *Synthetic fuels*, Mc Graw-Hill Book Company, New York.
- PÜTÜN, E., ATEŞ, F. and PÜTÜN A.E. 2008. Catalytic pyrolysis of biomass in inert and steam atmospheres. *Fuel*, 87, 815-824.
- PÜTÜN, A.E., UZUN, B.B., APAYDIN, E. and PÜTÜN, E. 2005. Bio-oil from olive oil industry wastes: Pyrolysis of olive residue under different conditions. *Fuel Processing Technology*, 87, 25 – 32.
- RAMAGE, J. and SCURLOCK, J. 1996. *Biomass Renewable Energy Power for a Sustainable Future*. In: Boyle G. (Eds.), Oxford: Oxford University Press.
- REN21, Renewable Energy Policy Network. 2012. *Renewables 2011: Global Status Report*. available from www.ren21.net, 05062012.
- RUSTAMOV, VR., ABDULLAYEV, KM. and SAMEDOV, EA. 1998. Biomass Conversion to Liquid Fuel by Two- Stage Thermochemical Cycle. *Energy Conversion and Management*, 39, 869 – 876.
- RUTROWSKI, P. 2009. Influence of zinc chloride addition on the chemical structure of bio-oil obtained during co-pyrolysis of wood/synthetic polymer blends. *Waste Management*, 29, 2983-2993.

- SADAKA, S. 2009. Pyrolysis, Associate Scientist Center of Sustainable Environment Technologies. Iowa State University, Nevada. <http://bioweb.sungrant.org>
- SARACOGLU, N. 2008. Biyokütleden enerji üretiminde enerji ormancılığının önemi. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu-Utes 2008 Bildiriler Kitabı, Su Vakfı, İstanbul.
- SCHOLZE, B. and MEIER, D. 2001. Characterization of the water-insoluble fraction from pyrolysis oil (pyrolytic lignin) Part I. PY-GC/MS, FTIR, and functional groups. Journal and Analytical Applied Pyrolysis, 60 ,41–54.
- SHUN, LF. 2005. Post-column detection of benzenediols and 1,2,4-benzenetriol based on acidic potassium permanganate chemiluminescence. State Key Laboratory of Environmental Chemistry and Ecotoxicology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, CHINA.
- SJOSTROM, E. 1993. Wood Chemistry. Academic Press, New York.
- SIPIALAE, K., KUOPPALA, E., FAGERNAE'S, L., OASMAA, A. 1998. Characterization of biomass-based flash pyrolysis oils. Biomass Bioenergy, 14(2), 103–13.
- SOLTES, E.J. 1988. Pyrolysis oils from biomass producing analyzing and upgrading. ACS Symposium Series 376, Washington D.C.
- SUNOL, Z.S.G. and SUNOL, A.K. 1994. Pyrolysis of coal. Coal Resources Properties Utilization, O.Kural (Ed.), 337-351, İstanbul.
- TERZİ, Ü. ve GÜNEY, İ. 1997. Ülkemiz enerji kaynaklarının değerlendirilmesi. Türkiye 7. Enerji Kongresi Bildiriler Kitabı, I, 351-364, Ankara.
- THANGALAZHY-GOPAKUMAR, S., ADHIKARI, S., RAVINDRAN, H., GUPTA, R.B., FASINA, O., TU, M. and FERNANDO, S.D. 2010. Physicochemical properties of bio-oil produced at various temperatures from pine wood using an auger reactor. Bioresource Technology, 101, 8389–8395.
- TOLAY, M., YAMANKARADENİZ, H., DARADİMOS, G., HIRSCHFELDER, H. ve VOSTAN, P. 2008. Temiz enerji üretimi için gazlaştırma teknolojisi. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES 2008, İstanbul.
- TSAI, W.T., LEE, M.K. and CHANG, Y.M. 2007. Fast pyrolysis of rice husk: Product yields and compositions. Bioresource Technology, 98 , 22-28.
- Türkiye Elektrik İdaresi Anonim Şirketi (TEİAŞ) 2012.
- UZUN, B.B., PÜTÜN, A.E. and PÜTÜN, E. 2006. Fast pyrolysis of soybean cake: Product yields and compositions. Bioresource Technology, 97, 569-576.
- ÜÇGÜL, İ. and AKGÜL, G. 2010. Biyokütle Teknolojisi. Yekarum Dergi, 1, 3-11.

- VARINCA, K.B. ve GÖNÜLLÜ, M.T. 2006. Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yönetimi ve Yaygınlığı Üzerine bir Araştırma. I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, Eskişehir.
- VIGOUROUX, R.Z. 2001. Pyrolysis of Biomass. Doctorate Thesis, Royal Institute of Technology, Department of Chemical Engineering and Technology, Stockholm.
- WEC, 2012. World Energy Council. Survey of Energy Resources 2010: Bioenergy, WEC, 2010. available from www.worldenergy.org/publications, verified January 10.
- YAMAN, S. 2004. Pyrolysis of Biomass to Produce Fuels and Chemical Feedstocks. Energy Conversion and Management, 45, 651-671.
- YOUNG, RA. 1992. Wood and Wood Products. Riegels Handbook of Industrial Chem., 9th ed., New York.
- YÜCEL, H. ve ÇULFAZ, A. 1984. Doğal ve yapay zeolitlerin endüstriyel kullanım alanları. ODTÜ Uygulamalı Araştırmalar Dergisi Eki, 3, 10, 1-20.
- YÜKSEK, Ö. and KAYGUSUZ, K. 2005. Small hydropower plants as a new and renewable energy source. Energy Sources Part B-Economics Planning and Policy, 1, 279-290.
- ZHENG, J., ZHU, X., GUO, Q. and ZHU, Q. 2006. Thermal conversion of rice husks and sawdust to liquid fuel. Waste Management, 26, 1430-1435.
- ZHONG, C. and WEI, X.A. 2004. Comparative Experimental Study on The Liquefaction of Wood. Energy, 29, 1731-1741

EK-1: GC-MS Analiz Sonuçları

Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\HASAN MERDUN\
 Data File : G1.D
 Acq On : 30 Mar 2016 1:27
 Operator : 28.03.2016
 Sample : G1
 Misc :
 ALS Vial : 14 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\Flavor2.L Minimum Quality: 85
 C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 85
 C:\Database\Nist08Wiley8.L

Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: Chemstation Integrator - events.e

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	13.315	1.18	C:\Database\NIST05a.L			
			Pyridine	1015	000110-86-1 91	
			Pyridine	1016	000110-86-1 83	
			3-Hexen-1-yne, (E)-	1063	002807-09-2 74	
2	14.922	0.52	C:\Database\NIST05a.L			
			Pyridine, 2-methyl-	2447	000109-06-8 94	
			Pyridine, 2-methyl-	2448	000109-06-8 91	
			Pyridine, 2-methyl-	2440	000109-06-8 91	
3	16.639	0.44	C:\Database\Flavor2.L			
			2-Methylpyrazine	159	000109-08-0 90	
			Phenol	74	000108-95-2 5	
			trans-2-Hexen-1-yl acetate	395	002497-18-9 1	
4	17.806	1.01	C:\Database\Nist08Wiley8.L			
			NITROSO DIMETHYLAMINE	120101	000000-00-0 9	
			1,1-DIMETHYL-2-OXOHYDRAZINE	\$\$\$ MET	120100 000062-75-9 7	
			HANAMINE, N-METHYL-N-NITROSO-	\$\$\$ (
			CH3)2NNO \$\$\$ DIMETHYLAMINE, N-NITRO			
			SO-			
			Urea, methyl- \$\$\$ Methylurea \$\$\$ Mon	120083	000598-50-5 7	
			omethylurea \$\$\$ N-Methylurea			
5	19.923	1.85	C:\Database\NIST05a.L			
			2-Cyclopenten-1-one	1152	000930-30-3 86	
			2-Cyclopenten-1-one	1151	000930-30-3 80	
			1H-Pyrazole, 3-methyl-	1123	001453-58-3 64	
6	20.410	1.73	C:\Database\Nist08Wiley8.L			
			(3E)-3-HEPTENYL ACETATE \$\$\$ 3-HEPTE	23672	034942-91-1 36	
			N-1-OL, ACETATE \$\$\$ 3-HEPTEN-1-OL A			
			CETATE \$\$\$ 3-HEPTEN-1-YL ACETATE			
			3-Hepten-1-ol, acetate \$\$\$ 3-Hepten	23514	034942-91-1 36	
			-1-yl acetate \$\$\$ 3-Heptenyl acetat			
			e \$\$\$ (3E)-3-Heptenyl acetate #			
			1-CYANOETHYLIDENEFORMAMIDE	8051	999008-05-2 17	

EK-1: GC-MS Analiz Sonuçları (Devamı)

- 7 22.258 8.11 C:\Database\Nist08Wiley8.L
ACETIC ACID \$\$ ACETATE \$\$ ETHANOIC 46863 000064-19-7 5
ACID \$\$ ACETASOL
UREA \$\$ (NH2)2CO \$\$ ALPHADRATE \$\$ 85321 000057-13-6 4
AQUA CARE
THIIRANE \$\$ 2,3-DIHYDROTHIIRENE \$\$ 85335 000420-12-2 4
AETHYLENSULFID \$\$ EPITHIOETHANE
- 8 23.231 0.96 C:\Database\Nist08Wiley8.L
Furfural \$\$ 2-Furancarboxaldehyde 187835 000098-01-1 18
\$\$ 2-Furaldehyde \$\$.alpha.-Furole
2-FURANCARBOXALDEHYDE \$\$.ALPHA.-F 187903 000098-01-1 18
UROLE \$\$ 2-FORMYLFURAN \$\$ 2-FURALD
EHYDE
2-FURANCARBOXALDEHYDE \$\$.ALPHA.-F 187898 000098-01-1 18
UROLE \$\$ 2-FORMYLFURAN \$\$ 2-FURALD
EHYDE
- 9 24.478 1.02 C:\Database\Flavor2.L
2-Furyl-methylketone; 2-acetylfura 44 001192-62-7 86
Isoborneol (Isomer 2) 85 000124-76-5 4
Isoborneol (isomer 1) 84 000124-76-5 1
- 10 25.102 4.06 C:\Database\Nist08Wiley8.L
PROPANOIC ACID \$\$ PROPANOATE \$\$ PR 120104 000079-09-4 46
OPIONATE \$\$ PROPIONIC ACID
Propanoic acid \$\$ Propionic acid \$ 120089 000079-09-4 43
\$ Carboxyethane \$\$ Ethanecarboxyli
c acid
PROPANOIC ACID \$\$ PROPANOATE \$\$ PR 120105 000079-09-4 43
OPIONATE \$\$ PROPIONIC ACID
- 11 25.748 0.64 C:\Database\NIST05a.L
2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl- 5710 001121-05-7 87
2-Cyclopenten-1-one, 2,3-dimethyl- 5707 001121-05-7 87
Pentalene, octahydro-, cis- 5827 001755-05-1 58
- 12 26.424 0.96 C:\Database\NIST05a.L
2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl- 5620 000620-02-0 87
2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl- 5621 000620-02-0 86
2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl- 5622 000620-02-0 72
- 13 27.494 1.53 C:\Database\Nist08Wiley8.L
BUTANOIC ACID \$\$ BUTANOATE \$\$ BUTY 85379 000107-92-6 80
RATE \$\$ BUTYRIC ACID
Butanoic acid \$\$ Butyric acid \$\$ n 85360 000107-92-6 80
-Butanoic acid \$\$ n-Butyric acid
BUTANOIC ACID \$\$ BUTANOATE \$\$ BUTY 85373 000107-92-6 80
RATE \$\$ BUTYRIC ACID
- 14 27.928 0.75 C:\Database\Flavor2.L
gamma-Butyrolactone 160 000096-48-0 86
gamma-Valerolacton 142 000108-29-2 4
Diacetyl 379 000431-03-8 3
- 15 28.335 4.02 C:\Database\Flavor2.L
Furfuryl alcohol 308 000098-00-0 91
2-Methyl-2-pentenal 179 000623-36-9 5

EK-1: GC-MS Analiz Sonuçları (Devamı)

	2-Octanol	355 000123-96-6 2
16	29.187 0.61 C:\Database\NIST05a.L	
	2(5H)-Furanone, 5-methyl-	3038 000591-11-7 91
	2(5H)-Furanone, 5-methyl-	3041 000591-11-7 91
	2(5H)-Furanone, 5-methyl-	3040 000591-11-7 72
17	30.034 2.84 C:\Database\Nist08Wiley8.L	
	MEPIVACAINE METABOLITE	193333 000000-00-0 50
	5-METHYL-2,4-DIHYDRO-3H-PYRAZOL-3-ONE	191928 000108-26-9 50
	3H-PYRAZOL-3-ONE, 2,4-DIHYDRO-5-METHYL-	
	2,4-DIHYDRO-5-METHYL-3-PYRAZOL-3-ONE	
	2-PYRAZOLIN-5-ONE, 3-METHYL-	
	2,4-Dimethyl-2-oxazoline-4-methanol	192131 039986-37-3 43
	2,4-Dimethyl-4-hydroxymethyl-2-oxazoline	
	4-Oxazolemethanol, 4,5-dihydro-2,4-dimethyl-	
	(2,4-Dimethyl-4,5-dihydro-1,3-oxazol-4-yl)methanol	
18	30.349 0.82 C:\Database\Nist08Wiley8.L	
	3-METHYL-2(5H)-FURANONE	8178 022122-36-7 72
	URANONE, 3-METHYL-	
	.ALPHA.-METHYL-.GAMMA.-CROTONOLACTONE	
	2(5H)-FURANON, 3-METHYL-	
	1-ETHOXY-1,3-BUTADIENE	94680 000000-00-0 64
	3-BUTADIENYL ETHER	
	4-METHYL-2(5H)-FURANONE	94655 006124-79-4 64
19	31.425 1.93 C:\Database\Nist08Wiley8.L	
	2(5H)-Furanone	
	.gamma.-Crotonolactone	53707 000497-23-4 78
	2-Oxo-2,5-dihydrofuran(2-[5H]-furanone)	
	.gamma.-Hydroxycrotonic acid lactone	
	.ALPHA.,.BETA.-CROTONOLACTONE	53721 000497-23-4 56
	DELTA.,.ALPHA.,.BETA.-BUTENOLIDE	
	.DELTA.,.ALPHA.,.BETA.-BUTENOLIDE	
	.DELTA.,.ALPHA.,.BETA.-BUTOLIDE	
	2(3H)-Furanone	53690 020825-71-2 56
	.alpha.-Crotonolactone	
	.alpha.-Furanone	
	.delta.,.beta.,.gamma.-Butenolide	
20	32.557 0.79 C:\Database\Flavor2.L	
	3,4-Dimethyl-1,2-cyclopentadione	29 013494-06-9 94
	1-Methyl-2,3-cyclohexadione	19 003008-43-3 45
	trans-2-Hexenal	189 006728-26-3 11
21	33.885 3.36 C:\Database\NIST05a.L	
	1,2-Cyclopentanedione, 3-methyl-	6231 000765-70-8 97
	2-Cyclopenten-1-one, 2-hydroxy-3-methyl-	6245 000080-71-7 94
	2-Cyclopenten-1-one, 2-hydroxy-3-methyl-	6247 000080-71-7 90
22	34.337 0.61 C:\Database\Nist08Wiley8.L	
	2-PROPYL CYCLOPENTANONE	145448 000000-00-0 43
	2-Hexadecyl-5-methylpyrrolidine	147369 999147-37-2 43

EK-1: GC-MS Analiz Sonuçları (Devamı)

		METHANE, DICHLORO-, RADICAL ION(1+ 51100 058165-12-1 38)) \$\$ DICHLOROMETHANE \$\$ DICHLOROME THANE CATION RADICAL \$\$ DICHLOROME THANE ION
23	35.098	1.33 C:\Database\Flavor2.L Guaiacol 289 000090-05-1 93 6-Methyl-3,5-heptadien-2-one 193 001604-28-0 9 2-Methoxy-3-methylpyrazine 171 002847-30-5 5
24	36.792	1.05 C:\Database\NIST05a.L 2-Cyclopenten-1-one, 3-ethyl-2-hyd 10847 021835-01-8 96 roxy- 2-Cyclopenten-1-one, 3-ethyl-2-hyd 10848 021835-01-8 93 roxy- 2-Fluorophenylhydrazine 10797 002368-80-1 59
25	40.643	1.04 C:\Database\NIST05a.L Maltol 10746 000118-71-8 95 Maltol 10748 000118-71-8 91 Maltol 10745 000118-71-8 91
26	43.017	2.45 C:\Database\Flavor2.L Phenol 74 000108-95-2 87 2-Methylpyrazine 159 000109-08-0 9 Methyl-2-pyrrolyl ketone; 2-acetyl 37 001072-83-9 4 pyrrole
27	49.300	1.15 C:\Database\Flavor2.L p-Cresol 241 000106-44-5 97 p-Methylphenyl acetate 242 000140-39-6 64 m-Cresol 250 000108-39-4 59
28	49.586	0.48 C:\Database\Nist08Wiley8.L 5-Hepten-3-one, 5-methyl- \$\$ (5E)- 66203 001190-34-7 17 5-Methyl-5-hepten-3-one # (5E)-5-METHYL-5-HEPTEN-3-ONE \$\$ 5- 66218 001190-34-7 17 HEPTEN-3-ONE, 5-METHYL- \$\$ 5-HEPTE N-3-ONE, 5-METHYL-, CIS/TRANS 5-HEPTEN-3-ONE, 5-METHYL-, (Z)- \$\$ 66205 020685-47-6 17 5-METHYL-5-HEPTEN-3-ONE
29	54.044	0.65 C:\Database\Nist08Wiley8.L CYCLOPENTANOL, 1-METHYL- \$\$ 1-HYDR 104018 001462-03-9 39 OXY-1-METHYLCYCLOPENTANE \$\$ 1-METH YL-1-CYCLOPENTANOL \$\$ 1-METHYLCYCL OPENTANOL 3,5,5-Trimethylhexyl S-2-(dimethyl 106393 999106-39-6 38 amino)ethyl propylphosphonothiolat HEXABORANE(10) \$\$ BORON HYDRIDE (B 103865 023777-80-2 36 6H10) \$\$ HEXABORANE
30	54.444	0.51 C:\Database\NIST05a.L Phenol, 4-ethyl- 9609 000123-07-9 93 Phenol, 2-ethyl- 9605 000090-00-6 87 Phenol, 4-ethyl- 9599 000123-07-9 87
31	56.699	0.62 C:\Database\Nist08Wiley8.L

EK-1: GC-MS Analiz Sonuçları (Devamı)

- Dianhydromannitol 151242 999151-24-5 49
Isosorbide \$\$ D-Glucitol, 1,4:3,6-
dianhydro- \$\$ (+)-D-Isosorbide \$\$
D-Sorbitol, 1,4:3,6-dianhydro(furo
(3,2-b)furan-3,6-diol, hexahydro-)
2-[[3-(DIETHYLAMINO)PROPANOYL]AMIN
O)BENZAMIDE HYDROCHLORIDE 152746 999152-74-9 43
- 32 57.116 0.27 C:\Database\Nist08Wiley8.L
Pentanoic acid, pentyl ester \$\$ Va 102204 002173-56-0 27
leric acid, pentyl ester \$\$ Amyl v
alerate \$\$ Amyl valerianate
BUTANOIC ACID, 2-METHYL-, 2-METHYL 68560 002445-78-5 27
BUTYL ESTER \$\$ 2-METHYLBUTYL 2-MET
HYLBUTANOATE \$\$ 2-METHYLBUTANOIC A
CID, 2-METHYLBUTYL ESTER \$\$ 2-METH
YLBUTYL 2-METHYLBUTYRATE
ISOPENTYL 3-METHYLBUTANOATE \$\$ BUT 149115 000659-70-1 27
ANOIC ACID, 3-METHYL-, 3-METHYLBUT
YL ESTER \$\$ ISOPENTYL ALCOHOL, ISO
VALERATE \$\$ 3-METHYLBUTYL 3-METHYL
BUTANOATE
- 33 57.614 2.12 C:\Database\Nist08Wiley8.L
2,3-Anhydro-d-mannosan 104509 999104-51-2 78
3,4-Anhydro-d-galactosan 22486 999022-48-8 38
1,4:3,6-Dianhydro-.alpha.-d-glucop 95599 999095-60-2 16
ranose
- 34 57.831 1.42 C:\Database\Flavor2.L
2,6-Dimethoxyphenol 40 000091-10-1 97
- 35 58.398 0.80 C:\Database\Nist08Wiley8.L
2-FURANCARBOXYLIC ACID, 5-(HYDROXY 189906 006338-41-6 59
METHYL)- \$\$ 2-FURANCARBOXYLIC ACID
, 5- (HYDROXYMETHYL)- \$\$ 2-FUROIC
ACID, 5- (HYDROXYMETHYL)- \$\$ 2-FUR
OIC ACID, 5-(HYDROXYMETHYL)-
2-Furancarboxylic acid, 5-(hydroxy 189894 006338-41-6 59
methyl)- \$\$ 2-Furoic acid, 5-(hydr
oxymethyl)- \$\$ Sumiki's acid \$\$ 5-
Hydroxymethyl-2-furancarboxylic ac
id
1H-Imidazol, 1-methyl-2-amino- \$\$ 189403 006646-51-1 38
1-Methyl-1H-imidazol-2-amine #
- 36 58.924 0.95 C:\Database\NIST05a.L
3-Pyridinol, 2-methyl- 5422 001121-25-1 87
Phenol, 4-amino- 5407 000123-30-8 72
Benzenamine, 4-propoxy- 23933 004469-80-1 72
- 37 59.445 0.65 C:\Database\Nist08Wiley8.L
Pentanoic acid, 4-oxo- \$\$ Levulini 19944 000123-76-2 58
c acid \$\$.beta.-Acetylpropionic a
cid \$\$.gamma.-Ketovaleric acid
Pentanoic acid, 4-oxo- \$\$ Levulini 19948 000123-76-2 53
c acid \$\$.beta.-Acetylpropionic a
cid \$\$.gamma.-Ketovaleric acid

EK-1: GC-MS Analiz Sonuçları (Devamı)

- 1,3-Propanediol, 2,2-dimethyl- \$\$ 62463 000126-30-7 43
Dimethylolpropane \$\$ Neopentanedio
I \$\$ Neopentyl glycol
- 38 60.389 0.82 C:\Database\NIST05a.L
Benzoic acid, 4-hydroxy-3-methoxy- 35424 000121-34-6 87
4-Methoxy-2-methyl-1-(methylthio)b 35576 022583-04-6 72
enzene
Benzoic acid, 4-hydroxy-3-methoxy- 35429 000121-34-6 64
- 39 60.801 0.72 C:\Database\Nist08Wiley8.L
1-Propene, 3-methoxy-2-methyl- \$\$ 103889 022418-49-1 18
Ether, methyl 2-methylallyl \$\$.be
ta.-Methylallyl methyl ether \$\$ Me
thallyl methyl ether
1-PROPENE, 3-METHOXY-2-METHYL- \$\$ 103948 022418-49-1 18
.BETA.-METHYLALLYL METHYL ETHER \$\$
1-METHOXY-2-METHYL-2-PROPENE \$\$ 3
-METHOXY-2-METHYL-1-PROPENE
HEXADECANE \$\$ CETANE \$\$ HEXADECAN 71054 000544-76-3 14
\$\$ ISOHEXADECANE
- 40 61.408 2.82 C:\Database\NIST05a.L
1,4:3,6-Dianhydro-.alpha.-d-glucop 19879 1000098-14-8 94
yranose
3-Aminopiperidin-2-one 6918 1000302-88-7 50
Ethyl cyclopropanecarboxylate 7049 004606-07-9 43
- 41 61.974 2.43 C:\Database\NIST05a.L
3-Pyridinol 2605 000109-00-2 86
3-Pyridinol 2603 000109-00-2 86
4-Pyridinol 2604 000626-64-2 80
- 42 62.323 0.37 C:\Database\Nist08Wiley8.L
PHENOL, 3-AMINO- \$\$ 3-AMINOPHENOL 226782 000591-27-5 60
\$\$ -HYDROXYBENZENAMINE \$\$ 1-AMINO-
3-HYDROXYBENZENE
Phenol, 3-amino- \$\$ m-Hydroxylanili 226735 000591-27-5 60
ne \$\$ Phenol, m-amino- \$\$ m-Aminop
henol
PHENOL, 4-AMINO- \$\$ 4-AMINOPHENOL 226838 000123-30-8 60
\$\$ 1-AMINO-4-HYDROXYBENZENE \$\$ 4-A
MINO-1-HYDROXYBENZENE
- 43 62.626 0.41 C:\Database\Nist08Wiley8.L
3-Aminopyrrolidine \$\$ Pyrrolidin-3 18397 079286-79-6 50
-ylamine \$\$ 3-Pyrrolidinamine #
(2E)-3,7-DIMETHYL-2,6-OCTADIENYL A 97147 000105-87-3 38
CETATE \$\$ 2,6-OCTADIEN-1-OL, 3,7-D
IMETHYL-, ACETATE \$\$ 2,6-OCTADIEN-
1-OL, 3,7-DIMETHYL-, ACETATE, (E)-
\$\$ (E)-3,7-DIMETHYL-2,6-OCTADIEN-
1-YL ACETATE
2-Propenoic acid, 2-methyl-, ethyl 94906 000097-63-2 35
ester \$\$ Methacrylic acid, ethyl
ester \$\$ Ethyl methacrylate \$\$ Eth
yl 2-methyl-2-propenoate

EK-1: GC-MS Analiz Sonuçları (Devamı)

- 44 63.124 0.79 C:\Database\Nist08Wiley8.L
 2,5-Pyrrolidinedione \$\$ Succinimid 194422 000123-56-8 80
 e \$\$ Butanimide \$\$ Succinic acid i
 mide
 2,5-PYRROLIDINEDIONE \$\$ PYRROLIDIN 998 999000-99-8 72
 E-2,5-DIONE \$\$ BERNSTEINSAEUREIMID
 2,5-PYRROLIDINEDIONE \$\$ PYRROLIDIN 1001 000123-56-8 72
 E-2,5-DIONE \$\$ 2, 5-DIOXOPYRROLIDI
 NE \$\$ 2,5-DIKETOPYRROLIDINE
- 45 63.428 0.91 C:\Database\NIST05a.L
 5-Hydroxymethyldihydrofuran-2-one 7820 1000194-17-0 86
 (S)-(+)-2',3'-Dideoxyribonolactone 7821 032780-06-6 78
 2H-Pyran, 2-(bromomethyl)tetrahydr 41862 034723-82-5 9
 o-
- 46 63.925 1.00 C:\Database\NIST05a.L
 1,2-Benzenediol, 3-methoxy- 17709 000934-00-9 95
 1,2-Benzenediol, 3-methoxy- 17712 000934-00-9 91
 1,2-Benzenediol, 3-methoxy- 17713 000934-00-9 91
- 47 64.280 0.51 C:\Database\Nist08Wiley8.L
 2-(3-FLUOROPHENYL)ETHANOL \$\$ BENZE 227138 052059-53-7 45
 NEETHANOL, 3-FLUORO- \$\$.BETA.-(M-
 FLUOROPHENYL)-ETHANOL
 Urea, N-(4-hydroxy-2-methylcyclohe 228854 025546-04-7 30
 xyl)-N'-(4-hydroxyphenyl)- \$\$ Urea
 , 1-(4-hydroxy-2-methylcyclohexyl)
 -3-(p-hydroxyphenyl)- \$\$ N-(4-Hydr
 oxy-2-methylcyclohexyl)-N'-(4-hydr
 oxyphenyl)urea #
 N-(4-HYDROXY-2-METHYLCYCLOHEXYL)-N 228861 025546-04-7 30
 '-(4-HYDROXYPHENYL)UREA \$\$ UREA, N
 -(4-HYDROXY-2-METHYLCYCLOHEXYL)-N'
 -(4-HYDROXYPHENYL)- \$\$ 1-(4-HYDROX
 Y-2-METHYLCYCLOHEXYL)-3-(4-HYDROXY
 PHENYL)UREA \$\$ UREA, 1-(4-HYDROXY-
 2-METHYLCYCLOHEXYL)-3-(P-HYDROXYPH
 ENYL)-
- 48 65.281 1.33 C:\Database\Nist08Wiley8.L
 1-Octen-3-ol \$\$ Amyl vinyl carbino 66245 003391-86-4 27
 I \$\$ Oct-1-en-3-ol \$\$ Vinyl amyl c
 arbinol
 2,2-DIDEUTERO-TRANS-1,3-DIHYDROXY- 65730 056772-13-5 22
 CYCLOPENTANE \$\$ TRANS-CYCLOPENTANE
 -1,3-DIOL-2,2-D2
 D-Galactonic acid, .gamma.-lactone 110258 002782-07-2 18
 \$\$.gamma.-D-Galactonolactone \$\$
 D-Galactono-.gamma.-lactone \$\$ D-G
 alactono-1,4-lactone
- 49 66.746 1.12 C:\Database\Nist08Wiley8.L
 ETHANONE, 1-(4-HYDROXY-3-METHOXYPH 331644 000498-02-2 43
 ENYL)- \$\$ '-METHOXY-4'-HYDROXYACET
 OPHENONE \$\$ -ACETYLGUAIACOL \$\$ -HY
 DROXY-3-METHOXYPHENYL METHYL KETON
 ETHANONE, 1-(4-HYDROXY-3-METHOXYPH 331642 000498-02-2 38

EK-1: GC-MS Analiz Sonuçları (Devamı)

- ENYL)- \$\$ '-METHOXY-4'-HYDROXYACET
OPHENONE \$\$ -ACETYLGUAIACOL \$\$ -HY
DROXY-3-METHOXYPHENYL METHYL KETON
Benzenethiol, 4-(1,1-dimethylethyl 331600 002396-68-1 38
)- \$\$ Benzenethiol, p-tert-butyl-
\$\$ p-tert-Butylbenzenethiol \$\$ 4-t
ert-Butylbenzenethiol
- 50 67.084 0.96 C:\Database\Nist08Wiley8.L
1,2-BENZENEDIOL, 3-METHYL- \$\$ 3-ME 266346 000488-17-5 50
THYLBENZENE-1,2-DIOL \$\$ 1, 2-DIHYD
ROXY-3-METHYLBENZENE \$\$ 1,2-BENZEN
EDIOL, 3-METHYL
1,2-Benzenediol, 3-methyl- \$\$ Pyro 266210 000488-17-5 50
catechol, 3-methyl- \$\$ 1,2-Dihydro
xy-3-methylbenzene \$\$ 2,3-Dihydrox
ytoluene
1,2-Benzenediol, 4-methyl- \$\$ 3,4- 266265 000452-86-8 43
Dihydroxytoluene \$\$ Homocatechol \$
\$ Homopyrocatechol
- 51 67.639 5.26 C:\Database\NIST05a.L
1,2-Benzenediol 5611 000120-80-9 94
1,2-Benzenediol 5609 000120-80-9 91
1,2-Benzenediol 5610 000120-80-9 72
- 52 68.417 1.47 C:\Database\Nist08Wiley8.L
PHENOL, 2,6-DIMETHOXY-4-(2-PROPENY 409445 006627-88-9 60
L)- \$\$ 2,6-DIMETHOXY-4-(2-PROPENYL
)PHENOL \$\$ 2,6-DIMETHOXY-4-ALLYLPH
ENOL \$\$ 4-ALLYL-2,6-DIMETHOXYPHENO
PHENOL, 2,6-DIMETHOXY-4-(2-PROPENY 409446 006627-88-9 60
L)- \$\$ 2,6-DIMETHOXY-4-(2-PROPENYL
)PHENOL \$\$ 2,6-DIMETHOXY-4-ALLYLPH
ENOL \$\$ 4-ALLYL-2,6-DIMETHOXYPHENO
Phenol, 2,6-dimethoxy-4-(2-propeny 409131 006627-88-9 60
l)- \$\$ Phenol, 4-allyl-2,6-dimetho
xy- \$\$ Methoxyeugenol \$\$ 2,6-Dimet
hoxy-4-allylphenol
- 53 68.938 1.94 C:\Database\NIST05a.L
1,2-Benzenediol, 4-methyl- 10094 000452-86-8 95
1,2-Benzenediol, 4-methyl- 10098 000452-86-8 93
1,2-Benzenediol, 4-methyl- 10100 000452-86-8 74
- 54 70.889 0.75 C:\Database\Nist08Wiley8.L
1,4,7,10,13,16-HEXAOXACYCLOOCTADEC 49310 017455-13-9 49
ANE \$\$ 1,4, 7,10,13,16-HEXANOXACYC
LOOCTADECANE \$\$ 1,4,7,10,13, 16-HE
XAOXACYCLOOCTADECANE \$\$ 1,4,7,10,1
3,16-HEXANOXACYCLOOCTADECANE
15-Crown-5 \$\$ 1,4,7,10,13-Pentaoxa 48983 033100-27-5 47
cyclopentadecane \$\$ 15-Crown-5 eth
er
1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadec 49298 017455-13-9 43
ane \$\$ Ethylene oxide cyclic hexam
er \$\$ 18-Crown-6 \$\$ 18-Crown-6 eth
er

EK-1: GC-MS Analiz Sonuçları (Devamı)

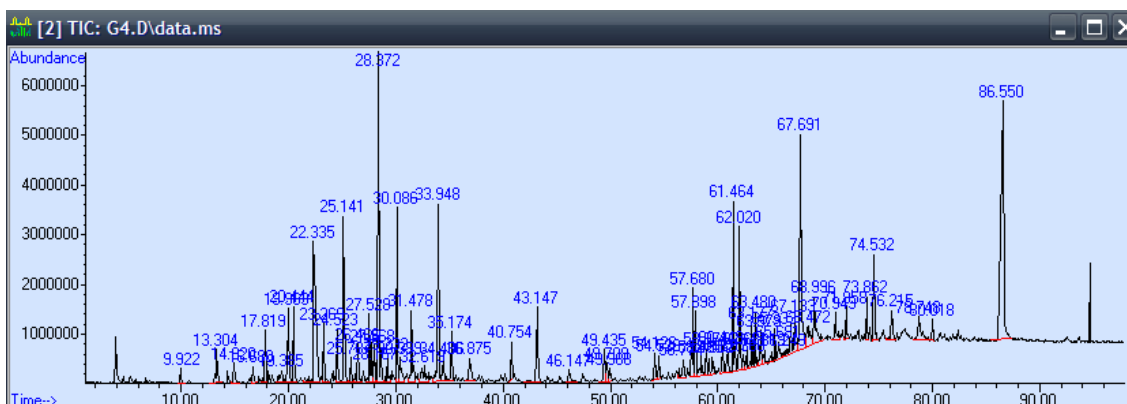
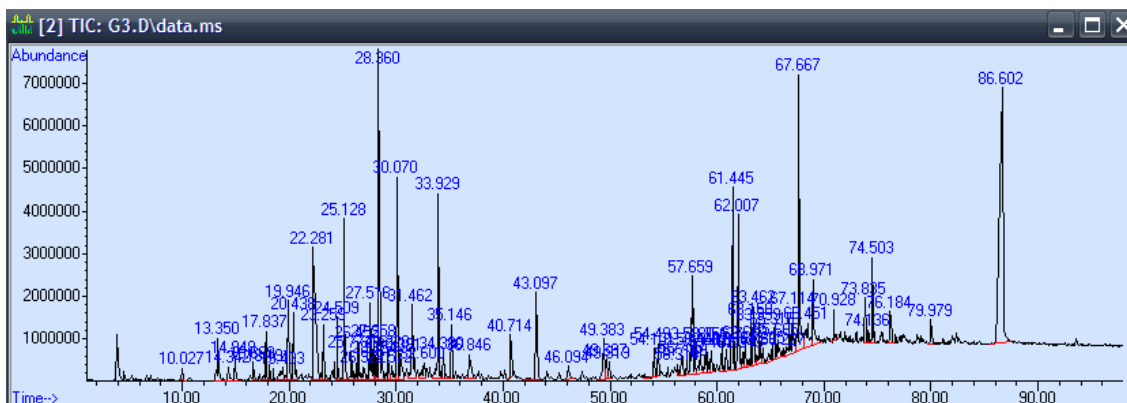
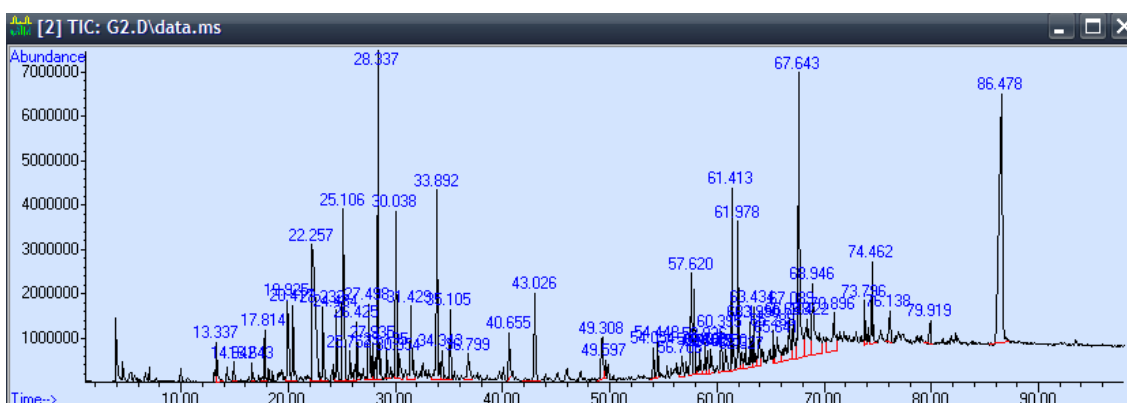
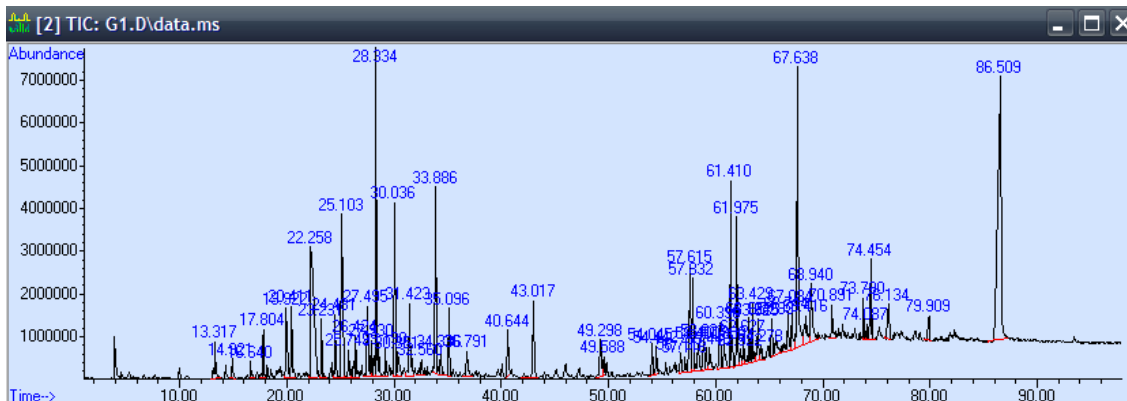
- 55 73.790 0.62 C:\Database\Nist08Wiley8.L
5-METHYL-1,3-BENZENEDIOL \$\$ 5-METH 266284 000504-15-4 92
YL-BENZENE-1,3-DIOL
5-METHYL-1,3-BENZENEDIOL \$\$ 5-METH 266277 999266-28-0 92
YL-BENZENE-1,3-DIOL \$\$ ORCINOL
3,5-DIHYDROXYTOLUOL \$\$ 5-METHYL-1, 266283 000504-15-4 92
3-BENZENEDIOL
- 56 74.088 0.24 C:\Database\NIST05a.L
Ethanone, 1-(4-hydroxy-3,5-dimethoxyphenyl)- 53990 002478-38-8 89
2-Chloro-2-methyl-1-oxa-2-sila-1,2-dihydronaphthalene 54895 073060-34-1 58
Ethanone, 1-(4-hydroxy-3,5-dimethoxyphenyl)- 53989 002478-38-8 50
- 57 74.454 1.45 C:\Database\Nist08Wiley8.L
1,4-BENZENEDIOL \$\$ BENZENE-1,4-DIO 230157 000123-31-9 76
L \$\$.ALPHA.-HYDROQUINONE \$\$.BETA
-QUINOL
BENZO-1,4-QUINONE \$\$ CHINHYDRON \$\$ 231120 000106-34-3 72
[1,4]BENZOQUINONE COMPOUND WITH B
ENZENE-1,4-DIOL
1,4-BENZENEDIOL \$\$ BENZENE-1,4-DIO 230154 000123-31-9 68
L \$\$.ALPHA.-HYDROQUINONE \$\$.BETA
-QUINOL
- 58 76.136 1.03 C:\Database\Nist08Wiley8.L
15-Crown-5 \$\$ 1,4,7,10,13-Pentaoxa 48983 033100-27-5 70
cyclopentadecane \$\$ 15-Crown-5 ether
1,4,7,10,13-PENTAOXACYCLOPENTADECANE 48990 033100-27-5 58
NE \$\$ 1,4,10,13-PENTAOXACYCLOPENTAD
DECANE \$\$ 15-CROWN-5 \$\$ 15-CROWN-5
ETHER
18,18'-Bi-1,4,7,10,13,16-hexaoxacyclononadecane 158090 109773-68-4 53
clononadecane \$\$ 1,1'-Bis(3,6,9,12,
,15,18-hexaoxacyclononadecane)
- 59 79.907 0.52 C:\Database\Nist08Wiley8.L
1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadecane 49300 017455-13-9 53
ane \$\$ Ethylene oxide cyclic hexamer
er \$\$ 18-Crown-6 \$\$ 18-Crown-6 ether
Heptaethylene glycol monododecyl ether 50151 003055-97-8 47
trtriacontan-1-ol
1,4,7,10,13,16-Hexaoxacyclooctadecane 49298 017455-13-9 43
ane \$\$ Ethylene oxide cyclic hexamer
er \$\$ 18-Crown-6 \$\$ 18-Crown-6 ether
- 60 86.510 17.30 C:\Database\Nist08Wiley8.L
.beta.-D-Glucopyranose, 1,6-anhydro 85765 000498-07-7 83
o- \$\$ Anhydro-d-mannosan \$\$ Levoglucosan
ucosan \$\$ 1,6-Anhydro-.beta.-D-glucopyranose

EK-1: GC-MS Analiz Sonuçları (Devamı)

D-Allose \$\$.beta.-D-Allose \$\$ Hex 85876 002595-97-3 78
ose #
Heptanoic acid \$\$ Enanthic acid \$\$ 85596 000111-14-8 59
n-Heptanoic acid \$\$ n-Heptoic aci

90.M Wed Mar 30 13:30:29 2016

EK-2: GC-MS Analiz Spektrumları



ÖZGEÇMİŞ

Begüm GÜZELÇİFTÇİ 1990 yılında Antalya’da doğdu. İlk, orta, lise öğrenimini Antalya’da tamamladı. 2010 yılında girdiği Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünden “Bölüm Birinciliği” ile 2014 yılında Çevre Mühendisi olarak mezun oldu. 2014 Eylül ayında Akdeniz Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans eğitimine başladı.